



**Miguel Ângelo Gomes Definição de Modelo de Gestão de Recursos numa
Empresa Multimunicipal de Saneamento – Aplicação
a um caso prático**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão de Operações, realizada sob a orientação científica do Eng.º Américo Azevedo, Professor Associado do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dedico este trabalho à minha esposa, Márcia, pela paciência e apoio dado, sabendo que constitui para mim uma meta pessoal de grande importância, e à minha filha, Maria, que nasceu durante a sua execução e que foi o motivo, um bom motivo, de alguns atrasos e desvios da minha concentração.

o júri

presidente

Doutor Joaquim José Borges Gouveia
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Doutor Américo Lopes de Azevedo
Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Orientador)

Doutor Rui Manuel Soucasaux Meneses e Sousa
Professor Associado da Faculdade de Economia e Gestão da Universidade Católica Portuguesa –
Porto

agradecimentos

Desenvolvendo actualmente a minha actividade profissional na SIMRIA – Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, S.A., concretamente na gestão da manutenção dos equipamentos que integram a área de exploração, os meus primeiros agradecimentos têm de ser dirigidos à empresa e a todas as pessoas que de alguma forma facilitaram a execução do presente documento. De facto, apesar de constituir grande parte da minha actividade profissional naquela empresa nos últimos meses, existe uma componente académica a considerar, que teve de ser construída e exigiu disponibilidade. Dirijo um agradecimento especial à Dr.^a Margarida André, Responsável do Núcleo de Qualidade Total, por me ter facilitado documentação e informação relevante, ao Eng.^o Fernandes Thomaz, Administrador, e à Eng.^a Isabel Quintaneiro, Directora de Exploração e minha amiga pessoal, pela sua compreensão para com a realização deste trabalho, pela sua disponibilidade e pelo seu convite para integrar o projecto de organização da manutenção. Também se impõe um agradecimento ao Eng.^o Jorge Gonçalves, da Águas de Portugal, pela colaboração no âmbito do projecto do sistema de gestão e manutenção de activos.

Agradeço ainda a todos os que contribuíram para a minha formação académica e profissional, sem a qual não teria tido oportunidade de realizar este desígnio, especialmente ao Prof. Américo Azevedo, orientador científico do trabalho agora apresentado, pela sua disponibilidade, esclarecimento e compreensão para com alguns atrasos.

Pessoalmente, agradeço aos meus pais, Américo e Celeste, e irmã, Ana, por sempre me terem incentivado e depositado confiança na minha persistência e capacidade.

palavras-chave

manutenção, recursos produtivos, modelo de gestão, sistema de saneamento.

resumo

O presente trabalho pretende apresentar uma proposta de abordagem à gestão dos recursos produtivos de uma empresa multimunicipal do sector de saneamento básico. Partindo do estudo do contexto e do caso de uma empresa concreta, que contribui com a experiência acumulada de 8 anos de exploração, é proposto um modelo de gestão da manutenção dos recursos produtivos daquele tipo de empresas, que contempla a implementação sequencial de cinco etapas de actividades.

Constituindo o *hardware* do sistema de saneamento, os recursos produtivos, sejam equipamentos ou infra-estruturas, constituem a base da actividade de exploração. Seguindo a tendência das modernas organizações produtivas, a implementação de metodologias de gestão da manutenção deve assegurar dois grandes objectivos, garantindo sempre um elevado nível de eficiência dos recursos utilizados: manter a operacionalidade das instalações e elevados níveis de serviço perante o processo de degradação a que estão sujeitas e identificar oportunidades de melhoria e de optimização dos recursos produtivos, implementando as acções necessárias.

O modelo representa um alinhamento de acções a implementar, contemplando a análise dos *inputs* a considerar nos processos de tomada de decisão da gestão, de forma a optimizar o seu desempenho, com especial ênfase no trabalho inicial de organização em empresas já em exploração. Para a concretização deste objectivo, são integrados alguns dos conceitos e metodologias que constituem as melhores práticas da gestão da manutenção actual.

A definição do modelo proposto partiu de uma necessidade específica, que constitui um objectivo estratégico da empresa SIMRIA. No momento de conclusão do presente trabalho, o modelo apresentado encontra-se em fase de implementação nesta empresa, que é o caso de aplicação considerado.

keywords

Maintenance, productive resources, management model, sewage system.

abstract

The present work aims at presenting a proposal of approach to the management of productive resources in a multimunicipal sewage company. From the study of the context and the case of a concrete company, which contributes with 8 years of accumulated operation service experience, an maintenance management model of the productive resources for those sort of company is suggested. It regards the sequential implementation of five stages of activities.

The productive resources are the hardware of the sewage system, whether they are equipments or infrastructures, and they are the basis of the operation service activity. Following the tendencies of the modern productive organizations, the implementation of maintenance management methodologies, must assure two major purposes, which always guarantee a high level of efficiency of the resources used: maintain the operability of the productive system and high service levels, before the degradation process they are prone to, and identifying opportunities to improve and optimize the productive resources, by implementing the necessary actions.

This model represents an alignment of actions, which are to be implemented, regarding the analysis of inputs that should be considered in the management decision taking processes, in a way that its performance is optimized, with special emphasis on the initial organization work in companies that are already in the operation service period. In order to fulfil this purpose, some of the concepts and methodologies that set up the best practices of maintenance management, are integrated.

The definition of the purposed model came from a specific necessity, which constitutes a strategic goal in SIMRIA. In the moment this work was concluded, the purposed model was in the implementation stage in this company, which is the considered application case.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1. ENQUADRAMENTO.....	9
1.2. PRESSUPOSTOS E OBJECTIVOS	11
1.3. METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
2. O SECTOR DO SERVIÇO DE ÁGUAS E SANEAMENTO EM PORTUGAL	15
2.1. A IMPORTÂNCIA ESTRUTURAL DO SECTOR.....	15
2.2. OBJECTIVOS NACIONAIS.....	17
2.3. O PEAASAR II	18
2.4. AS EMPRESAS MULTIMUNICIPAIS DE SANEAMENTO	20
2.5. O GRUPO ÁGUAS DE PORTUGAL (AdP).....	21
2.6. A ENTIDADE REGULADORA DO SECTOR – O INSTITUTO REGULADOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS (IRAR).....	24
3. CARACTERIZAÇÃO DA SIMRIA, S.A., O CASO EM ESTUDO	29
3.1. PRESSUPOSTOS DA SUA CRIAÇÃO.....	29
3.2. ÁREA DE INTERVENÇÃO E O SISTEMA MULTIMUNICIPAL DE SANEAMENTO DA RIA DE AVEIRO	30
3.2.1. 1ª Fase.....	31
3.2.2. 2ª Fase.....	32
3.2.3. 3ª Fase.....	32
3.3. A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA SIMRIA.....	33
3.4. O SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO (SGI).....	36
3.4.1. Enquadramento e objectivos.....	36
3.4.2. Missão, Visão e Política de Gestão	37
3.5. INTEGRAÇÃO NA AdP.....	39
4. UMA BREVE CARACTERIZAÇÃO DO SERVIÇO DE EXPLORAÇÃO DO SISTEMA DA SIMRIA, S.A.....	41
4.1. DESCRIÇÃO DAS ACTIVIDADES OPERACIONAIS	41
4.1.1. Telegestão e videovigilância	41
4.1.2. Operação	43
4.1.3. Manutenção	43
4.1.4. Tipologia dos recursos produtivos.....	45
5. O ESTADO DE ARTE DOS MODELOS DE ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO	47
5.1. A COMPLEXIDADE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO	48
5.2. O PROCESSO E A ESTRUTURA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO	53
5.3. UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM À GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	57
5.4. AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO	59
5.5. AS METODOLOGIAS DA ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO	64
5.5.1. Definição do plano de manutenção e do processo de melhoria contínua da manutenção.....	65
5.5.2. Optimização da política de manutenção.....	68

5.6. A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E COMPORTAMENTAL	71
6. DEFINIÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DOS RECURSOS PRODUTIVOS DE UMA EMPRESA MULTIMUNICIPAL DE SANEAMENTO.....	76
6.1. ORGANIZAÇÃO DO PARQUE DE OBJECTOS DE MANUTENÇÃO.....	78
6.2. DEFINIÇÃO DE OBJECTIVOS	82
6.3. DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO A ADOPTAR A CADA RECURSO	88
6.3.1. Tipos de manutenção.....	88
6.3.2. A definição de prioridades na manutenção.....	92
6.3.3. Opções estratégicas.....	96
6.3.4. O plano de manutenção.....	97
6.4. PLANEAMENTO, PROGRAMAÇÃO E EXECUÇÃO	100
6.4.1. Execução de manutenção preventiva e correctiva	102
6.4.2. Formação e desenvolvimento de competências.....	105
6.4.3. Estratégia de <i>outsourcing</i>	107
6.5. CONTROLO E ACÇÃO.....	111
7. A ADOPÇÃO DE UMA APLICAÇÃO INFORMÁTICA QUE PERMITA A IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DEFINIDO	114
7.1. O CASO EM ESTUDO	117
8. CONCLUSÕES.....	122
8.1. PERSPECTIVAS FUTURAS	126
REFERÊNCIAS	10

1. Introdução

1.1. ENQUADRAMENTO

O presente trabalho pretende apresentar uma solução para um modelo de gestão da área de manutenção de uma empresa multimunicipal de saneamento. Este estudo surge da necessidade concreta de uma empresa¹, em que irá assentar o estudo de caso do presente trabalho, precipitada por uma circunstância que tem despoletado este processo de organização em várias empresas: a certificação nas normas de Qualidade, Ambiente e Segurança (ISO9001:2000, ISO14001:2004 e OHSAS18001:1999).

Os exemplos de aplicação apresentados irão incidir essencialmente na área da gestão da manutenção dos equipamentos afectos à exploração – e não tanto ao nível da manutenção de infra-estruturas de construção civil – embora se pretenda que o modelo preconizado seja genérico até ao nível de decisão apresentado, sendo flexível o suficiente para permitir que sejam reflectidas em cada caso as especificidades próprias de cada equipamento, família de equipamentos ou mesmo infra-estrutura de construção civil.

Desde a criação da SIMRIA, e até muito recentemente, a função manutenção já existia porque tinha uma estrutura de custos e recursos humanos afectos, mas a gestão desta função, enquanto um processo crítico para a eficiência da organização não era feita, não existindo uma estratégia de médio e longo prazo com objectivos bem definidos ou uma racionalização na utilização dos recursos, sendo o esforço direccionado no sentido da resolução de problemas a curto prazo, colocando-se o ênfase na eficácia, mas não na eficiência. Tal deveu-se a um conjunto de circunstâncias relacionadas com o facto de ser uma empresa recente.

Aquando da implementação na empresa em 2005 do Sistema de Gestão Integrado (SGI) dos três referenciais normativos – Qualidade, Ambiente e Segurança – a manutenção era uma função sem grande impacto no desempenho da organização, já que pelo facto de se tratar de um sistema novo, dimensionado para um horizonte de utilização de 30 anos, com uma capacidade instalada muito superior à utilizada nesta altura e com muitas

¹ SIMRIA – Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, S.A. (SIMRIA)

redundâncias de equipamento instalado, as suas ineficiências não se faziam sentir directamente ao nível da prestação do serviço, que seria à altura a única dimensão relevante do ponto de vista dos objectivos. Com o SGI este cenário alterou-se, já que existiam outras dimensões a considerar, nomeadamente relativos aos referenciais normativos de Segurança e Ambiente, cujos requisitos passaram a ter de ser considerados e os seus pressupostos assegurados. Foi então neste âmbito, que serviu como alavanca decisiva para o arranque do processo, aliado à consideração das óbvias vantagens operacionais e económicas da gestão da manutenção, que se deu início à organização da manutenção enquanto processo, através da sua definição formal e dos procedimentos associados e dimensionamento dos recursos necessários à sua operacionalização e prossecução dos objectivos estratégicos definidos pela gestão para este processo. Importava nesta fase definir o Processo de Manutenção e qual o modelo de gestão adequado para a área da manutenção da empresa em estudo, garantindo a sua integração na estrutura organizacional preconizada, definindo a sua interligação com os restantes processos na cadeia de valor da organização, e optimizando o seu contributo para os objectivos estratégicos da empresa, sendo este trabalho de análise e organização inicial que se pretende descrever no presente documento.

A empresa SIMRIA dispõe de um Contrato de Concessão do Estado Português para a construção, gestão e exploração do Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro. Os fundamentos de criação desta empresa, surgem de uma necessidade estrutural da área geográfica da sua influência, aliado a um contexto favorável de elegibilidade do projecto a financiamentos da União Europeia e a uma política do Estado para o sector, que através de participações no capital social pela sua *holding*¹, privilegiava a constituição deste tipo de empresas. Desta forma, a SIMRIA criou e explora actualmente, um sistema “em alta”, complementando os sistemas municipais “em baixa”. Os conceitos de “baixa” e “alta” são a terminologia adoptada neste sector para identificar as redes “porta-a-porta”, normalmente municipais, exploradas directamente ou concessionadas, e que recolhem as águas residuais junto dos utentes finais, em “baixa”, entregando-o depois num sistema em “alta” como o da empresa em análise, em pontos de entrada pré-definidos desta rede, que assume um perfil transversal a vários municípios. A partir destes pontos de entrada, a SIMRIA assume o transporte de efluente até às suas estações de tratamento de águas residuais (ETAR), promovendo o seu tratamento adequado e, por fim, a sua rejeição no mar em condições ambientalmente

¹ Águas de Portugal (AdP)

favoráveis. As empresas em “alta” multimunicipais, foram uma solução encontrada para possibilitar a concretização de infra-estruturas, que seriam incomportáveis ao nível autárquico, quer na fase do investimento inicial associado à sua construção, quer na fase posterior de exploração do sistema.

Porque estamos a falar de uma actividade económica que realiza a operação e manutenção de uma infra-estrutura básica, não podem ser definidos objectivos para a organização ao nível, por exemplo, da produção pretendida, já que o sistema é passivo, sendo apenas colector e destino das entregas de efluente que lhe são feitas. Atendendo a este factor, os objectivos de desempenho de uma empresa multimunicipal de saneamento, considerando que os estudos prévios e dimensionamento do sistema são os correctos, devem estar sempre relacionados com a garantia da disponibilidade das infra-estruturas através de objectivos elevados no que diz respeito à taxa de serviço, bem como objectivos subsequentes ao nível de custos. Ainda ao nível dos objectivos da organização para que pode contribuir a área da manutenção de forma directa, e tratando-se de uma actividade capital intensiva, em que o investimento em equipamento e instalação, bem como os custos de operação associados, em energia e consumíveis, representam uma fatia elevada dos custos de exploração do sistema – característica típica da industria de processo – devem ser estabelecidos objectivos que representem metas de melhoria continua ao nível da optimização do funcionamento de equipamentos, seja para reduzir gradualmente os consumos de energia, reagentes e outros, seja para aumentar a sua durabilidade ou o tempo médio entre falhas.

1.2. PRESSUPOSTOS E OBJECTIVOS

Actualmente, grande parte do sistema encontra-se em funcionamento e representa um avultado investimento em infra-estruturas e em equipamentos electromecânicos, eléctricos e de monitorização. O inventário e catalogação final do conjunto de activos a ser objecto de aplicação do modelo não está ainda concluído, mas estima-se em mais de 6.000, o numero de bens inventariáveis, dos quais apenas cerca de 300 não serão equipamento afecto à exploração do sistema (os critérios definidos apontam para que esta quantidade de equipamentos seja apenas os objectos-pai de manutenção, ou seja, objectos complexos, ou sistemas, que poderão e deverão ser desagregados em sub equipamentos para efeitos de manutenção). Não tendo sido definido um modelo de gestão dos recursos produtivos à altura do arranque das primeiras instalações do sistema, importa agora, o mais rapidamente possível, realizar esta tarefa de forma

adequada às condições existentes, face ao elevado investimento realizado e aos objectivos de desempenho definidos. Pretende-se que a gestão da manutenção e a tomada de decisão deste processo se realizem de forma mais efectiva e sistemática, e para tal, será necessário criar formalmente uma estrutura funcional, documental e de processos que a suporte.

O conjunto de recursos produtivos de uma empresa multimunicipal de saneamento, como qualquer outro, está sujeito a um processo de envelhecimento e de degradação, pelo que, torna-se necessário implementar acções de manutenção que permitam manter as condições de operacionalidade das instalações, mas além disso, e sempre que possível, otimizar o seu funcionamento, garantindo sempre um elevado nível de eficiência dos recursos utilizados para tal. Nesta altura, o sistema está já em exploração há alguns anos, não existindo formalmente um modelo de gestão dos recursos produtivos. No entanto, existe um reverso que se pode considerar positivo nesta situação: a existência de um histórico de ocorrências, ainda que recente, bem como de algum conhecimento acumulado, pode já influenciar algumas tomadas de decisão estratégicas na definição do modelo mais adequado.

A manutenção, foi durante largo período da história industrial, considerada como um “mal necessário”, uma ineficiência inevitável, pelo que a sua intervenção ocorria apenas em situações de avaria. Contudo, actualmente, com as crescentes exigências dos referenciais normativos em relação aos equipamentos instalados em ambiente produtivo, seja ao nível da qualidade, protecção do meio ambiente ou segurança de operação da instalação, a função da manutenção ganhou uma importância central nas diferentes actividades industriais ao actuar, não só de forma correctiva, mas também preventiva e numa óptica de optimização. Acresce a isto que existe um impacto económico resultante da realização da gestão da manutenção: melhora o desempenho através da sua influência no volume e qualidade da produção, mas tem também um custo associado. É na análise deste custo/benefício, que assenta a maior parte das vezes a tomada de decisão associada à gestão da manutenção.

1.3. METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso, em que é realizada a apresentação de forma descritiva, da pesquisa e da resposta obtida para a seguinte questão: “É possível definir um modelo de gestão dos recursos produtivos que contemple as

especificidades próprias de uma empresa multimunicipal de saneamento? Como o fazer?”. Esta estratégia foi seleccionada como a mais adequada, tendo em conta a natureza dos recursos existentes e das fontes e tipos de informação disponíveis, mas principalmente o objectivo pretendido (Yin, 2003). Com efeito, trata-se de um documento elaborado com fins académicos e que como tal, contém um elevado número de referências bibliográficas relevantes na área em estudo, mas tratando-se de um estudo de um caso real, reveste uma natureza muito prática, incorporando diversa informação com origem na empresa que se constitui como exemplo. O estudo a desenvolver considera três grandes etapas:

- Descrever a conjuntura que levou à necessidade de definição do modelo, os factores de contexto internos e externos que podem influenciar a tomada de decisão, a situação inicial e os objectivos pretendidos;
- Fazer a apresentação dos conceitos ligados à manutenção nas suas definições mais recentes, das políticas de gestão alternativas a considerar, dos resultados e implicações expectáveis da aplicação de cada uma delas;
- Após realizar a descrição das condições existentes e das diferentes opções ao nível das melhores práticas conhecidas, é então apresentado o modelo de gestão pretendido, bem como as especificações ao nível da aplicação informática que deverá suportar a sua operacionalização.

Apesar de ser utilizado como caso em análise a empresa SIMRIA, pretende-se que o modelo final seja mais genérico, passível de ser adoptado por qualquer empresa com o mesmo tipo de organização e a mesma actividade. Os modelos já existentes na área funcional da manutenção, bem como os conceitos associados, são genéricos, e passíveis de serem aplicados aos recursos produtivos que serão objecto do modelo de gestão a desenvolver para a manutenção da SIMRIA, pelo que a especificidade do modelo pretendido encontrar-se-á na forma como estes conceitos e modelos analisados, tidos como os mais eficientes, serão associados e integrados no contexto da actividade e características específicas de uma empresa multimunicipal de saneamento, por forma a atingir os objectivos estratégicos e as metas de desempenho a definir.

O trabalho agora apresentado divide-se nas seguintes etapas:

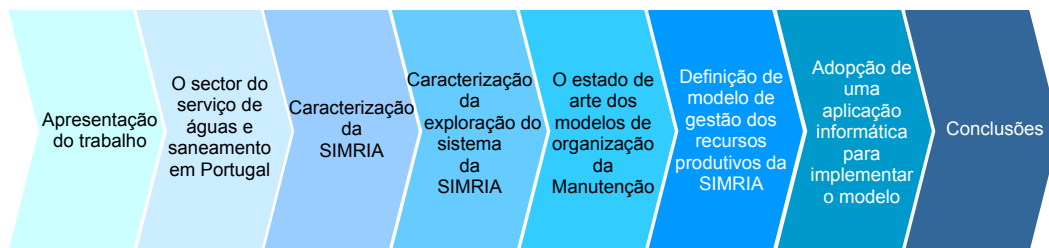


Fig. 1 - Etapas de realização do trabalho

A metodologia apresentada pressupõe fases de enquadramento, análise, definição e conclusão. Na primeira parte, é feito o enquadramento da necessidade de definição do modelo, uma apresentação do contexto em que a mesma surge e dos objectivos propostos. Na segunda e terceira partes, ao descrever respectivamente o sector em que se insere a actividade de uma empresa multimunicipal de saneamento e a própria empresa SIMRIA e a sua organização, enquanto caso em estudo, são descritas as especificidades próprias deste sector e o contexto em que se desenrola a sua actividade, bem como algumas problemáticas que o modelo deverá integrar, e que irão constituir alguns dos requisitos a que o modelo deverá dar resposta. Na quarta parte, é feita uma caracterização da exploração do sistema da SIMRIA, prévia à definição do modelo, nas vertentes operação e manutenção, descrevendo o cenário ao nível das suas actividades operacionais, dos recursos existentes e do desempenho conseguido, ou seja, será uma breve descrição do “ponto de partida”. Seguidamente, na quinta parte, são apresentadas as metodologias, as técnicas e os conceitos que constituem o estado da arte relativamente aos modelos de gestão da manutenção. Nos pontos seguintes é então desenvolvido o modelo de gestão dos recursos produtivos da SIMRIA, através da implementação sequencial actividades, e, pela sua criticidade para o *output* e eficiência desta função, o processo de selecção de um sistema informático de gestão da manutenção, que permita a sua operacionalização.

2. O sector do serviço de águas e saneamento em Portugal

2.1. A IMPORTÂNCIA ESTRUTURAL DO SECTOR

O abastecimento de água às populações e actividades económicas e a drenagem e tratamento das águas residuais geradas é um dos problemas que permanece na ordem do dia desde o início do desenvolvimento da sociedade. Com efeito, a criação de agregados populacionais cada vez maiores despoletou uma concentração de necessidades de água para os vários usos e a consequente necessidade de rejeição das águas residuais geradas, em quantidades e cargas progressivamente maiores. Esta realidade veio obrigar à adopção de sistemas de abastecimento e drenagem mais complexos e à prossecução de modelos de gestão mais robustos e exigentes, seja ao nível da concepção e projecto, operação ou manutenção de sistemas, sendo este um dos sectores mais complexos das chamadas atribuições do Estado.

Neste sector os serviços são considerados de interesse público, essenciais ao bem-estar dos cidadãos, à saúde pública, às actividades económicas e à protecção do ambiente. Por esse facto devem obedecer a um conjunto de princípios de onde se destacam a universalidade de acesso, a continuidade e qualidade de serviço, a eficiência e a equidade de preços, e por estas razões este sector apresenta características únicas que dificultam a definição de um modelo único eficaz que permita responder à natureza multidisciplinar e intersectorial desta actividade.

A complexidade das soluções necessárias ao desenvolvimento desta actividade, exige investimentos extremamente elevados, com elevados períodos de recuperação do capital e com uma elevada imobilização. Isto explica o facto de o sector se apresentar como uma série de monopólios naturais, de carácter regional, onde se registam custos de produção significativamente inferiores com um único operador para cada serviço e em cada região. Paralelamente existem também importantes economias de escala, de gama e de processo, aspectos que têm condicionado, ainda que de forma pouco evidente, a organização institucional dos operadores destes serviços. O Estado tem tido dificuldade na definição das competências a atribuir aos vários níveis de poder – administração central e local – ainda mais porque a unidade funcional prevista para o planeamento e

gestão da água, a bacia hidrográfica, não corresponde a nenhuma das unidades administrativas existentes. Por todas estas razões, este é um sector que carece de regulação estatal.

O sector dos serviços de águas, conforme usualmente denominado, compreende as actividades de abastecimento de água às populações, urbanas e rurais, e às actividades associadas, como os serviços, o comércio e a pequena indústria inserida na malha urbana. Compreende também a drenagem e o tratamento de águas residuais urbanas, que incluem as águas residuais de origem doméstica, industrial e pluvial. É sobre esta ultima actividade, o saneamento de águas residuais, que se debruça o presente trabalho.

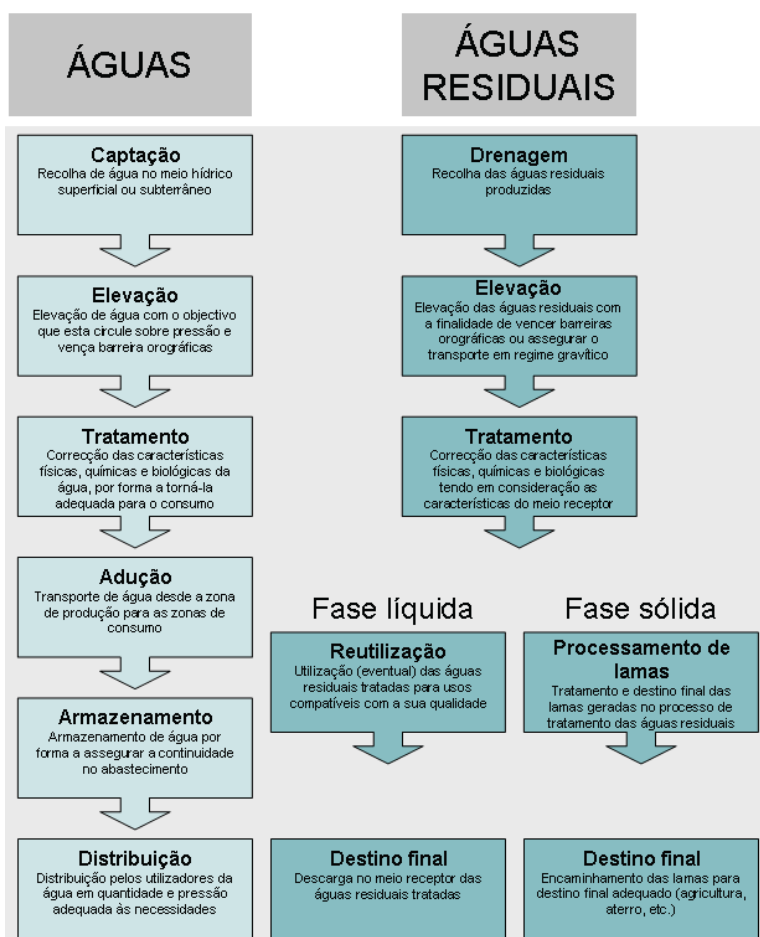


Fig. 2 - Esquema com os ciclos produtivos de abastecimento de água e saneamento de águas residuais

Estas duas actividades têm, tradicionalmente, sido tratadas em conjunto, verificando-se, todavia, que a actividade de abastecimento de água apresenta níveis de atendimento muito superiores aos registados na actividade de saneamento de águas residuais.

Com efeito, se para a actividade de abastecimento de água se pode afirmar que o país está já dotado de uma rede que permite abastecer a quase totalidade da população, para a actividade de saneamento de águas residuais a realidade é bem distinta. Existem ainda muitos aglomerados sem drenagem de águas residuais e, para as zonas onde existe drenagem, verificam-se frequentes situações de ausência de tratamento adequado. Isto significa que é expectável que o crescimento que este sector tem vindo a registar se mantenha nos próximos anos, até que toda a rede de infra-estruturas em alta e baixa esteja completa.

No que diz respeito ao nível de cobertura da população com serviços de saneamento de águas residuais urbanas com adequado tratamento é actualmente de cerca de 76%, de acordo com o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais II (PEAASAR II), o que corresponde a uma melhoria significativa quando comparada com o que se passava à cerca de uma década, em que o valor era de 30%. Este nível de cobertura encontra-se ainda distante da meta de 90% para o saneamento prevista para 2006 no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais.

2.2. OBJECTIVOS NACIONAIS

As actividades do sector das águas compreendem um conjunto de etapas distintas com requisitos muito diferentes. Para o sub-sector das águas residuais é necessário recolher as rejeições provenientes das fontes tóxicas de origem urbana, assegurar um tratamento adequado e descarregar as águas tratadas em condições que não adulterem a qualidade da água dos meios receptores.

Isto implica qualificar as nossas infra-estruturas ambientais e a respectiva gestão, de forma a alcançar níveis de atendimento próprios dos países desenvolvidos, no saneamento. Para tanto, importa relançar os investimentos nas infra-estruturas, optimizando o aproveitamento dos fundos comunitários disponíveis. Para garantir o sucesso desses investimentos e a sua racionalização a uma escala adequada, considera-se vital o papel do Grupo Águas de Portugal (AdP) como um forte grupo empresarial português capaz de assegurar o desenvolvimento da política pública de ambiente para o sector, sem prejuízo do estabelecimento de parcerias estratégicas que permitam reforçar a sua capacidade de resposta, desenvolver capacidades nacionais e estruturar os investimentos, tendo em vista as metas do Plano Estratégico de Abastecimento de Água

e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR), que irá ser abordado no próximo ponto neste trabalho.

Na política da água, as orientações políticas vão no sentido de colocar fim à actual situação de incumprimento da Directiva – Quadro da Água, nomeadamente através da aprovação da nova Lei da Água que consagra o princípio da gestão por bacia hidrográfica, no âmbito de uma reforma do sistema institucional de gestão e do regime de utilização dos recursos hídricos. Por outro lado, será retomada a aplicação do Plano Nacional da Água e dos Planos de Bacia Hidrográfica e prevê-se o reatamento da cooperação luso-espanhola para a gestão dos cursos de água transfronteiriços. Será dado, também, um novo impulso à aprovação dos planos de ordenamento das albufeiras de águas públicas. Finalmente, está previsto o reforço da regulação a cargo do Instituto Regulador de Águas e Resíduos, entidade reguladora do sector, cujas responsabilidades e atribuições serão apresentadas mais adiante neste documento.

2.3. O PEAASAR II

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais para o período 2007-2013 (PEAASAR II) é uma ferramenta de gestão para o sector, definindo as orientações estratégicas do Estado, e foi recentemente aprovado através do Despacho 2339/2007 do Ministro do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, publicado em Diário da República 2.^a Série a 14 de Fevereiro de 2007.

Este novo Plano Estratégico dá continuidade aos objectivos do PEAASAR I, referente ao período 2000-2006, nomeadamente procurando garantir o acesso da população a sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais. Em complemento à estratégia então adoptada, cuja linha de orientação se centrou especialmente no desenvolvimento dos sistemas integrados em alta, o PEAASAR II concentra-se, entre outros aspectos, nos sistemas em baixa. Está previsto um enfoque especial para os investimentos que visem a articulação entre os sistemas em alta com a vertente em baixa. Para este efeito o novo Plano preconiza parcerias entre o Estado e as autarquias tendo em vista a integração das baixas municipais em sistemas multimunicipais existentes ou a criar. O plano visa também criar condições para a cobertura integral dos custos destes serviços, como forma de garantir a sustentabilidade do sector enquanto obrigação imperiosa perante as gerações futuras.

A manutenção, bem como a eficiência na sua gestão, são também temas recorrentes no PEAASAR II. De facto, o PEAASAR II define que as tarifas cobradas devem permitir cobrir os custos de manutenção, reparação e renovação de todos os bens e equipamentos afectos à concessão, nomeadamente mediante a disponibilidade dos meios financeiros necessários à constituição de um fundo de renovação de infra-estruturas, como seria operacionalmente correcto, mas que historicamente não se tem verificado (PEAASARII, 2007). Os níveis tarifários praticados por muitos municípios são de tal ordem baixos que dificilmente são suficientes para suportar os custos de operação e manutenção da vertente em “baixa”, e consequentemente insuficientes para que esses possam pagar os serviços prestados pelos sistemas em “alta”. Esta questão é particularmente evidente no domínio do saneamento de águas residuais, onde se verifica que em 13 dos 15 sistemas multimunicipais a média das tarifas cobradas pelos municípios ao consumidor final, é inferior à tarifa do sistema multimunicipal que os serve.

A única forma de garantir que as tarifas fixadas asseguram a protecção dos interesses dos utilizadores, a gestão eficiente do sistema, o equilíbrio económico-financeiro e as condições necessárias para a qualidade de serviço durante e após o termo da concessão (Decreto-Lei n.º 319/94, de 24 de Dezembro, e Decreto-Lei n.º 162/96, de 4 de Setembro), passa por ser encontrado um modelo ou modelos de gestão e modelos de financiamento que dêem garantias de cobrabilidade dos serviços prestados. O contributo da gestão da manutenção pode ser dado através da definição de um modelo de gestão desta área que, otimizando a utilização dos recursos disponíveis e controlando os custos, contribuirá para que o aumento de tarifas por imputação de custos de manutenção, que representam nesta área grande parte dos custos de exploração, não seja completamente inoportável e não coloque em causa a viabilidade económico-financeira dos sistemas existentes.

O PEAASAR II define ainda como um objectivo complementar das empresas multimunicipais o desenvolvimento regional, através da dinamização do mercado, promovendo a utilização de empresas prestadoras de serviço nas áreas de projecto, de construção e de operação e manutenção dos sistemas, ou seja, adoptando a subcontratação de serviços sempre que possível, permitindo fortalecer as empresas regionais e nacionais que actuam no sector. Para tal, as empresas multimunicipais mais recentes deverão apoiar-se na experiência acumulada e resultados práticos de contratação externa realizada por algumas empresas multimunicipais mais antigas, empresas de 1.ª geração. Aliás, o *benchmarking* é uma metodologia bastante utilizada no

sector para promover uma difusão das melhores práticas, dada a recente adopção dos modelos de gestão existentes, sendo promovida por entidades como o IRAR ou a AdP.

Com vista a atingir uma elevada eficiência na gestão dos sistemas e uma elevada qualidade dos serviços prestados aos utilizadores, o PEAASAR II define linhas orientadoras para uma política de investigação e inovação estratégicas ao nível da definição do modelo de gestão a adoptar para as actividades de operação e de manutenção.

2.4. AS EMPRESAS MULTIMUNICIPAIS DE SANEAMENTO

Os sistemas multimunicipais de saneamento configuram alguns dos investimentos estruturantes com maior impacto, do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, da diversidade e complexidade técnica e da dimensão e extensão do investimento.

A empresa concessionária da construção e exploração do Sistema em estudo, a SIMRIA, S.A., é um exemplo de envolvimento activo dos municípios abrangidos e de um grupo empresarial público, a AdP.

Do ponto de vista técnico, trata-se do desenvolvimento de um projecto com objectivos muito claros, visando aplicar a uma situação regional específica as mais recentes concepções e práticas de tratamento e destino final de águas residuais. Para tal, uma empresa multimunicipal de saneamento potencia uma série de factores comuns a estas empresas, que contribuem para o sucesso do projecto:

- A gestão empresarial e a integração num grupo empresarial com dimensão e conhecimento específico no sector de actividade do saneamento;
- O forte impacto económico e social do projecto, na medida em que permitiu, no caso da SIMRIA, ultrapassar problemas relacionados com a poluição da Ria de Aveiro que punham em causa as actividades económicas tradicionalmente associadas a este espaço geográfico, bem como a qualidade de vida das populações abrangidas;
- A adopção de soluções técnicas avançadas, de modo a proporcionar uma gestão optimizada dos recursos e assim praticar uma tarifa justa;
- O respeito pelo meio ambiente, desde a fase de projecto à fase de exploração, não só nas preocupações de reposição do meio natural nas intervenções

efectuadas e na adopção de medidas de redução do impacto visual, como no desenvolvimento de uma nova consciência de utilização racional do recurso que é a água junto das populações, designadamente dos mais jovens;

- A adopção de referenciais de qualidade, como condição indispensável à optimização das condições de exploração, demonstrada na opção pelos consultores envolvidos, na formação continua do quadro de colaboradores, na certificação das obras e, no caso da SIMRIA, no projecto de implementação de um sistema de gestão de qualidade, ambiente e segurança.

2.5. O GRUPO ÁGUAS DE PORTUGAL (AdP)

A AdP, Águas de Portugal, SGPS, SA, enquanto instrumento empresarial para a prossecução de políticas públicas e de objectivos nacionais no domínio do ambiente urbano, assume a incumbência de desenvolver e operar sistemas multimunicipais em parceria com os municípios, com vista à resolução dos problemas estruturais de várias regiões do país. Esta actividade é conduzida através das empresas concessionárias dos sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais e resíduos sólidos urbanos que, na sua totalidade, prestam serviços a cerca de 70 por cento da população portuguesa. A criação do Grupo AdP em 1993 justificou-se pela necessidade de dotar o país de infra-estruturas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais, face às dificuldades evidenciadas por muitas autarquias locais em concretizarem sozinhas estas atribuições. Enquadrado no extinto IPE, Investimentos e Participações Empresariais, tomou-se a opção da criação de uma *sub-holding* veículo para a realização dos referidos investimentos, como promotora e detentora de participações das empresas concessionárias dos sistemas multimunicipais a constituir nos termos do Decreto-Lei n.º 379/93. Com o objectivo de dotar a sociedade da capacidade financeira e *know-how* técnico necessários, optou-se pela incorporação da EPAL no Grupo AdP.

O objectivo desta iniciativa foi então dotar o país das infra-estruturas necessárias no sector das águas de modo a alcançar níveis adequados de cobertura e atendimento. Na primeira fase constituíram-se os primeiros 5 sistemas multimunicipais de água e saneamento de águas residuais, entre os quais a SIMRIA, S.A., abrangendo municípios do litoral do país com elevadas densidades populacionais e considerável massa crítica. Nestes casos, denominados sistemas de 1ª geração, era seguramente mais fácil e mais urgente, procurar soluções de escala regional. Com a aprovação em 2000 do PEAASAR

2000-2006, iniciou-se um segundo ciclo de investimentos em sistemas multimunicipais que, contrariamente aos sistemas de 1ª geração, se encontram quase todos situados em zonas geográficas de menor densidade populacional. Com esta iniciativa, levou-se a todo o País uma exigência de qualidade e rigor de gestão de que os pequenos sistemas do interior eram carentes. Este desígnio de coesão teve de fazer face, contudo, aos problemas suscitados pela baixa densidade populacional e por níveis preexistentes de infra-estruturação muito menores. Subsidiariamente, a AdP assegura em Portugal, através de empresas participadas do grupo, a prestação de serviços de distribuição de água e de recolha de águas residuais directamente às populações, oferecendo serviços de águas e águas residuais completos às autarquias sempre que contratualmente estabelecido, em alguns casos em parceria com o sector privado. Foram também envidados esforços no sentido da internacionalização, tendo sido obtidas concessões no Brasil, Moçambique e Cabo Verde, já que a AdP passou também a ser entendida como um instrumento da política externa portuguesa, privilegiando a expansão da sua actividade a áreas geográficas onde o objectivo de cooperação se sobrepunha a uma lógica estritamente comercial. A AdP posiciona-se ainda internacionalmente como um agente relevante em áreas geográficas bem definidas e limitadas, como alavanca para a internacionalização das empresas portuguesas do Sector do Ambiente.

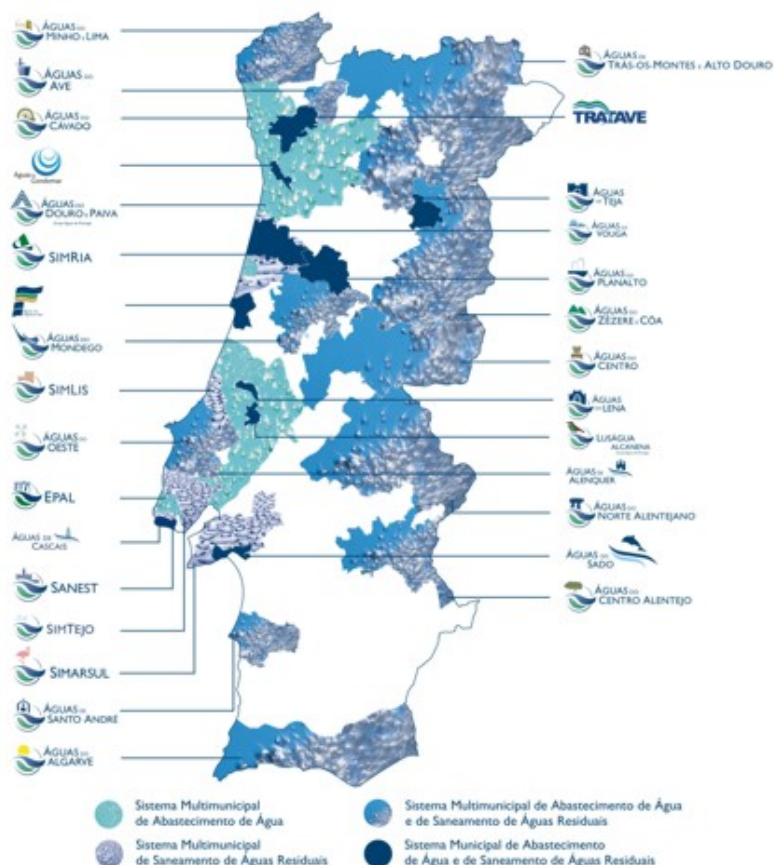


Fig. 3 - Mapa com a implantação das empresas participadas pela AdP

Os próximos anos serão exigentes nos planos técnico, operacional e financeiro, não só pelos montantes de investimentos em causa como pela posição actual da carteira de negócios. Com efeito, à excepção da EPAL e das empresas mais antigas da 1ª geração, a carteira de activos do Grupo encontra-se numa fase inicial do seu ciclo de vida, o que corresponde a um período económico deficitário com elevadas necessidades de fundos.

Esta situação contribui para um período inicial alargado onde a concessão é deficitária, limitando qualquer tipo de distribuição aos accionistas, bem como qualquer reafecção de fundos para novos investimentos. A comparticipação do Fundo de Coesão e o financiamento por via do Banco Europeu de Investimento (BEI) são fundamentais para a garantia da viabilidade económico-financeira dos novos investimentos. Igualmente fundamental é o acesso a fontes alternativas de financiamento, nomeadamente banca comercial e investidores institucionais através dos mercados internacionais.

É objectivo declarado pelo Grupo AdP responder, com eficácia, aos novos desafios que se colocam no sector do ambiente e continuar a contribuir para a resolução dos problemas nacionais nas suas áreas de actividade, através da prestação de serviços

públicos num quadro de sustentabilidade económica, financeira, técnica, social e ambiental.

2.6. A ENTIDADE REGULADORA DO SECTOR – O INSTITUTO REGULADOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS (IRAR)

As actividades de abastecimento público de água às populações, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos sólidos urbanos constituem serviços públicos de carácter estrutural, essenciais ao bem-estar geral, à saúde pública e à segurança colectiva das populações, às actividades económicas e à protecção do ambiente. Estes serviços devem pautar-se por princípios de universalidade no acesso, de continuidade e qualidade de serviço, e de eficiência e equidade dos preços.

O Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), criado pelo Decreto-Lei n.º 230/97, de 30 de Agosto, é a entidade reguladora desses serviços em Portugal. O seu Estatuto consta do Decreto-Lei n.º 362/98, de 18 de Novembro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 151/2002, de 23 de Maio.

O âmbito de actuação do IRAR divide-se em duas grandes missões: regulação de serviços de águas e resíduos e autoridade competente para a qualidade da água para consumo humano. Por ser a mais relevante para o presente trabalho, cujo objecto está relacionado com o estudo de uma empresa de saneamento, será analisada a primeira das missões.

A regulação de serviços de águas e resíduos, tem como objecto as actividades de abastecimento público de água às populações, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos sólidos urbanos. Especialmente nos casos do abastecimento público de água às populações e do saneamento de águas residuais urbanas, estes serviços são monopólios naturais de cariz local ou regional, o que requer uma forma de regulação que ultrapasse a inexistência de mecanismos de auto-regulação que caracterizam os mercados concorrenciais. Sem regulação não há incentivos a um aumento da eficiência das entidades gestoras e aumenta o risco de prevalência destas sobre os utilizadores, com o risco destes últimos receberem serviços de menor qualidade e estarem sujeitos à prática de um preço mais elevado. A regulação consiste num mecanismo que procura reproduzir, num mercado de monopólio natural, os resultados de eficiência que se tenderiam a obter naturalmente num mercado competitivo. Cria como

que um “mercado de competição virtual”, induzindo o operador a agir em função do interesse público sem pôr em causa a sua viabilidade.

A missão de regulação do IRAR é aplicável apenas às entidades gestoras concessionárias multimunicipais, que é o caso da SIMRIA, e municipais, que totalizam actualmente mais de meia centena, embora em moldes distintos.

A regulação tem como principal objectivo a protecção dos interesses dos utilizadores, através da promoção da qualidade de serviço prestado pelas entidades gestoras e da garantia do equilíbrio das tarifas praticadas. Deve no entanto fazê-lo tendo em conta a salvaguarda da viabilidade económica e dos legítimos interesses das entidades gestoras, garantindo nomeadamente a adequada remuneração dos capitais investidos, independentemente do seu estatuto – público ou privado, municipal ou multimunicipal – e considerando ainda a salvaguarda do sector económico através da consolidação do tecido empresarial e a contribuição para a implementação das políticas definidas pelo Governo.

É prioridade do IRAR consolidar uma política de regulação clara e efectiva, aproveitando a curta experiência existente no sector, a já importante experiência de regulação noutros sectores de actividade no nosso país e, naturalmente, a experiência internacional. Essa clareza é indispensável para que todos os actores intervenientes neste sector, especialmente as entidades gestoras, saibam antecipadamente as regras do modelo de regulação, e possam com maior segurança decidir o seu posicionamento.

A estratégia do IRAR deve passar por dois grandes planos de intervenção, um primeiro ao nível da regulação estrutural do sector e um segundo ao nível da regulação dos comportamentos das entidades gestoras a actuar nesse sector.

A regulação estrutural do sector deve contribuir para a sua melhor organização e para a clarificação de aspectos como as restrições à entrada das entidades gestoras no mercado e as medidas de separação funcional, o que permite definir que entidades ou que tipos de entidades podem participar na actividade. Esta regulação é uma forma de controlo directo sobre o contexto envolvente e indirecto sobre as entidades gestoras, reduzindo ou eliminando a possibilidade de comportamentos indesejáveis, condicionando fortemente a forma, o conteúdo e a natureza da regulação dos comportamentos.

Na sua vertente horizontal, a regulação estrutural do sector procura o nível adequado de desagregação das entidades gestoras por unidades geográficas e por tipos de serviços, sem prejudicar a desejável e necessária obtenção de economias de escala, criando melhores condições de competição e permitindo uma regulação mais eficaz. Na sua vertente vertical, procura o nível adequado de agregação das entidades gestoras, quando desenvolvem a sua actividade em mais do que uma das etapas sucessivas do processo de produção necessárias para a prestação do serviço, como é habitual neste sector. O caso típico no abastecimento de água e no saneamento de águas residuais é a divisão do serviço em “alta” e em “baixa”. Cabe também na regulação estrutural todo um conjunto de medidas tendentes a consolidar e a modernizar o tecido empresarial do sector.

Quaisquer alterações estratégicas para o sector devem portanto ser necessariamente acompanhadas pelo IRAR, que, não tendo naturalmente competência para a sua definição, deve no entanto influenciá-las, nomeadamente no sentido de melhor serem garantidos a protecção dos interesses dos utilizadores e a salvaguarda da viabilidade económica e dos legítimos interesses das entidades gestoras, representando isto a materialização das suas funções de regulação estrutural do sector.

Complementarmente, a estratégia do IRAR deve também passar por regular os comportamentos das entidades gestoras a actuar nos mercados objecto de regulação relativamente aos aspectos económicos e de qualidade de serviço, que seguidamente se descrevem, impedindo explicitamente eventuais comportamentos indesejáveis.

A regulação económica deve ser entendida como a mais importante forma da regulação dos comportamentos permitidos às entidades gestoras, na medida em que se sabe que os preços de monopólio tendem a ser mais altos que os preços resultantes de mercados concorrenciais. A obtenção dos preços mais baixos que permitam simultaneamente a viabilidade económica e financeira das entidades gestoras, o que naturalmente corresponde à situação mais justa para os utilizadores, exige uma forte intervenção da entidade reguladora. A regulação económica inclui ainda a avaliação dos investimentos das entidades gestoras, na medida em que eles afectam directamente o bem-estar social. Os interesses dos utilizadores são melhor garantidos através de uma adequada política de investimentos, importante para assegurar a continuidade do serviço a longo prazo e a manutenção a curto, médio e longo prazo dos níveis de serviço.

A regulação da qualidade de serviço é uma forma de regulação dos comportamentos indissociável da regulação económica, condicionando os comportamentos permitidos às entidades gestoras relativamente à qualidade de serviço que prestam aos utilizadores.

A regulação eficaz dos monopólios naturais recomenda a utilização complementar da regulação estrutural do sector e da regulação dos comportamentos, pelo que a actividade da entidade reguladora deve passar por estas três importantes vertentes – regulação estrutural do sector e a regulação económica e de qualidade de serviço das entidades gestoras. Nos sectores de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos sólidos urbanos, por serem relativamente estáticos, com alteração lenta das condições de mercado e das tecnologias – menos evidente no actual contexto nacional, ainda relativamente instável, mas que tenderá a consolidar-se no futuro – julga-se ser mais adequada a prevalência da regulação dos comportamentos das entidades gestoras sobre a regulação estrutural do sector, sendo o papel desta última essencialmente o de facilitar a regulação dos comportamentos.

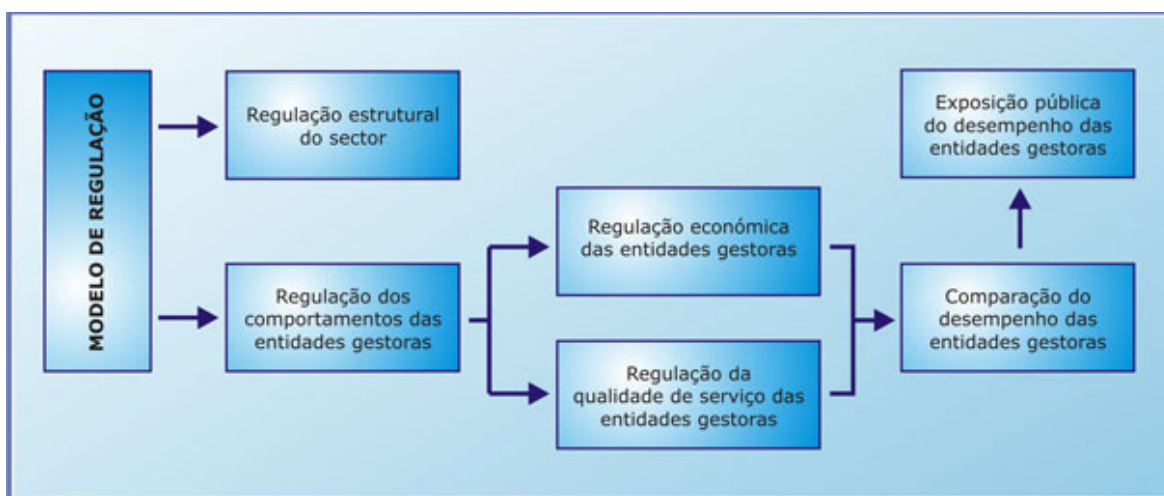


Fig. 4 - Modelo de regulação do sector de águas e resíduos

Este modelo de regulação será sempre complementado com a utilização de mecanismos de auto-controlo pelo operador dos resultados do seu desempenho, validados com mecanismos de avaliação desses resultados pela entidade reguladora e sua comparação com os resultados das outras entidades gestoras similares actuando em zonas geográficas distintas, utilizando o *benchmarking*. Estes mecanismos devem adoptar sempre uma lógica de pedagogia e valorização, por exemplo beneficiando o operador tanto mais quanto melhor for o seu desempenho relativamente à média de desempenhos de todas as entidades gestoras. Para o efeito é necessário que a entidade reguladora

receba a informação das entidades gestoras sob a forma de indicadores de desempenho previamente definidos e, após validação, proceda à análise comparativa com os registos históricos do próprio operador, por forma a conhecer a evolução no tempo dos diferentes aspectos da sua gestão, e a comparação com outras entidades similares, de forma a poder nomeadamente definir níveis de desempenho e estabelecer os referenciais que permitam fixar as novas metas de eficiência de forma realista.

Os resultados desta comparação devem ser objecto de exposição pública, na medida em que isso pressiona as entidades gestoras no sentido da eficiência, por naturalmente não se quererem ver colocados em posição desfavorável, e materializando assim um direito fundamental que assiste a todos os utilizadores. Pretende-se também consolidar uma verdadeira cultura de informação, concisa, credível e de fácil interpretação por todos.

Faz-se notar que a regulação não pode ser facilmente substituída por uma contractualização, que procura regular através de contratos completos e detalhados em que tudo está previsto, na medida em que não são na prática possíveis contratos de longo prazo, definitivos, completos e invulneráveis ao oportunismo. Trata-se de uma actividade muito vulnerável à influência de factores externos, como por exemplo condições ambientais, evolução económica e legislação, em que a flexibilidade, a avaliação da conjuntura e a redefinição de objectivos em função desta, são críticos para a evolução do sector. A regulação por contrato é naturalmente um complemento importante mas não uma alternativa à regulação estrutural do sector e dos comportamentos das entidades gestoras.

3. Caracterização da SIMRIA, S.A., o caso em estudo

3.1. PRESSUPOSTOS DA SUA CRIAÇÃO

A Ria de Aveiro constitui uma unidade geográfica singular, de uma importância regional, nacional e comunitária indiscutível que marca e identifica a região de Aveiro. Como a maioria das zonas litorais, a área envolvente à Ria de Aveiro é sujeita a uma forte pressão urbana e industrial, caracterizada pela actividade de várias indústrias, entre as quais, químicas.

A ligação das populações à Ria de Aveiro e à Barrinha de Esmoriz tem sido historicamente um vector de grande importância na vida económica e cultural da região. Indústria, agricultura, pesca, urbanismo, turismo e um sem número de outras actividades estão parcial ou totalmente dependentes do bom funcionamento destes ecossistemas, tendo sido manifestada a necessidade de conciliar as exigências do desenvolvimento da região com a preservação e melhoria ambiental destes ecossistemas, importantes pelos seus recursos naturais e actividades associadas.

Foi neste contexto que foi criada a SIMRIA – Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, a quem foi atribuída a missão de satisfazer as necessidades de recolha, tratamento e rejeição dos efluentes domésticos e industriais pertencentes ao sistema multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro, promovendo a requalificação ambiental da sua zona de abrangência, nomeadamente, dos ecossistemas da Ria de Aveiro e Barrinha de Esmoriz, num quadro de sustentabilidade económica, financeira, técnica e social.

A actividade da SIMRIA, constitui, assim, um serviço básico fundamental na prevenção da poluição dos recursos hídricos, com uma incidência directa no desenvolvimento local e regional, na saúde pública e na qualidade de vida das populações. Dada a sua importância na preservação ambiental da região, a concepção e construção do sistema multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro foi participado por fundos comunitários, o que determinou o acompanhamento rigoroso por parte das entidades comunitárias.

A SIMRIA, S.A. é a sociedade anónima responsável pela construção, gestão e exploração do sistema multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro, criado através do Decreto-Lei nº 101/97, de 26 de Abril, com o objectivo de obter uma solução conjunta para a colecta, tratamento e destino final da zona de abrangência da Ria de Aveiro. Empresa de direito privado e de capitais maioritariamente públicos, a SIMRIA, SA, detentora de um capital social de 13.238.120 euros, é participada pela Águas de Portugal, SGPS, S.A., e pelos municípios de Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Espinho, Estarreja, Ílhavo, Mira, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar e Vagos.

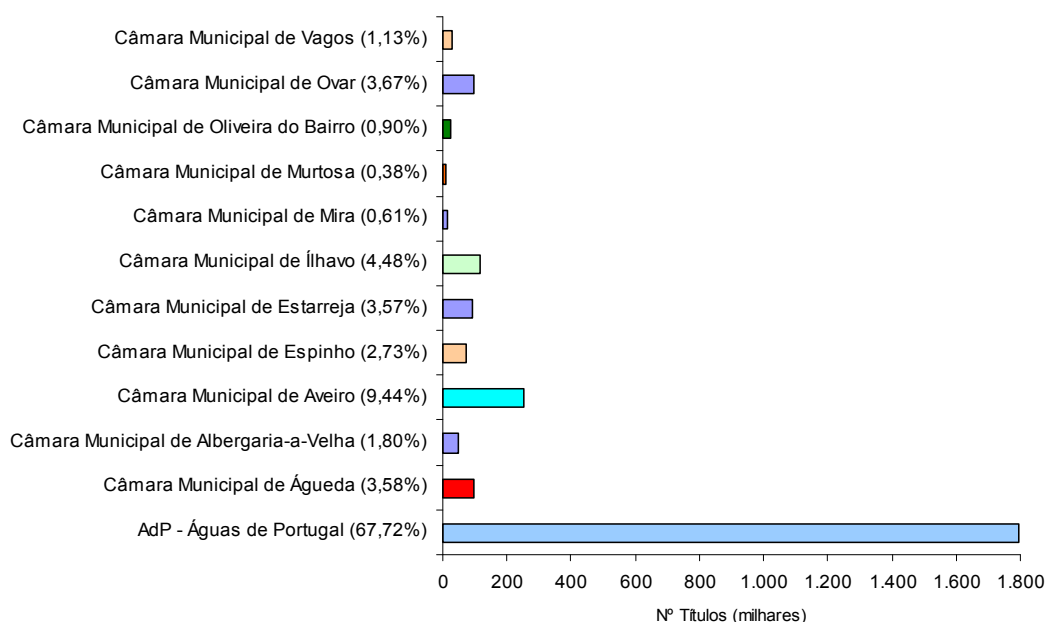


Fig. 5 - Estrutura accionista da SIMRIA

3.2. ÁREA DE INTERVENÇÃO E O SISTEMA MULTIMUNICIPAL DE SANEAMENTO DA RIA DE AVEIRO

A área de intervenção da SIMRIA abrange actualmente os onze municípios accionistas acima referidos, sendo que a ampliação da intervenção ao Município de Espinho, realizada em conformidade com Decreto - Lei 329/2000 de 22 de Dezembro, será continuada em Santa Maria da Feira, no sentido de dar resposta à recuperação do ecossistema da Barrinha de Esmoriz/ Lagoa de Paramos. De salientar ainda a fábrica da Portucel de Cacia, enquanto utente do sistema na actividade de rejeição. De facto, dispondo de uma unidade de tratamento própria de águas residuais, rejeita o seu efluente tratado no sistema de rejeição da SIMRIA, que o transporta até ao seu destino final, no

mar, em condições ambientais mais vantajosas do que quando era rejeitado directamente no Rio Vouga.

A concepção do sistema multimunicipal de saneamento da Ria de Aveiro, nomeadamente o dimensionamento e localização das suas infra-estruturas (ETAR, Estações Elevatórias e condutas) foi objecto de diversos estudos, em articulação com as entidades competentes e municípios, no sentido de assegurar a optimização técnica e económica da sua construção bem como da sua exploração.

Seguidamente é apresentada uma breve caracterização do sistema:

3.2.1. 1ª Fase

Representando uma solução integrada de recolha, tratamento e rejeição dos efluentes, o sistema multimunicipal foi concebido inicialmente para servir os municípios de Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Mira, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar e Vagos, em três grandes componentes:

	Extensão dos Interceptores (km)	Estações Elevatórias (nº)	Pontos de Entrada (nº)
Norte	56	15	7
Sul	31	8	---
Vouga	45	14	10

Tabela 1 - Componente de Recolha de Águas Residuais (Interceptores Norte, Sul e Vouga)

	População abrangida (hab-Eq) (ano 2018)	Caudal Médio Diário (m3/dia) (ano 2018)
ETAR Norte	272.000	48.705
ETAR Sul	159.700	39.278
ETAR S. Jacinto	14.590	1.673

Tabela 2 - Componente de Tratamento de Águas Residuais (ETAR Norte, ETAR Sul e ETAR de S. Jacinto)

	Extensão dos Interceptores (km)	Estações Elevatórias (nº)
Geral	45	14
Exutor	3	---

Tabela 3 - Componente de Rejeição (Interceptor Geral e Exutor Submarino de S. Jacinto)

3.2.2. 2ª Fase

Em 2000, o Sistema foi alargado aos municípios de Espinho e de Santa Maria da Feira (parcialmente) e reforçado em Ovar, de forma a integrar o projecto de despoluição da Barrinha de Esmoriz/Lagoa de Paramos.

O subsistema da Barrinha de Esmoriz/Lagoa de Paramos envolve a ligação à ETAR de Espinho dos subsistemas de Espinho (Espinho), Ovar (Esmoriz e Cortegaça) e de Santa Maria da Feira (bacia que drena para a Barrinha de Esmoriz/Lagoa de Paramos), sendo que os efluentes tratados na ETAR de Espinho são posteriormente encaminhados para o Exutor Submarino de Espinho através do qual são rejeitados no mar. Para o efeito, a ETAR de Espinho está actualmente a ser remodelada e ampliada para garantir um caudal de 36.500 m³/dia no horizonte do projecto. O Sistema da Barrinha de Esmoriz/Lagoa de Paramos implica ainda a execução de 28 km de Conduitas e 6 Estações Elevatórias, actualmente em curso.

3.2.3. 3ª Fase

A 3ª fase corresponde a todos os investimentos de expansão da rede a novas áreas territoriais e/ou municípios. Refira-se nomeadamente o prolongamento do interceptor Vouga para recolher os efluentes gerados na totalidade do concelho de Oliveira do Bairro, o prolongamento do interceptor Sul de forma a abranger o concelho de Cantanhede e o prolongamento do interceptor Norte ao longo das bacias das ribeiras do Caster e da Laje no concelho de Stª Mª da Feira.



Fig. 6 - Mapa do sistema multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro

No final do ano de 2006 foi recolhido um caudal total de 31,8 milhões de m³. Destes, 17,4 milhões de m³ tem origem municipal, tendo sido tratados nas ETAR da SIMRIA, e 14,4 milhões de m³ tem origem na unidade industrial da Portucel, onde são previamente tratados.

Estes 31,8 milhões de m³, anteriormente drenados para a Ria de Aveiro e a Barrinha de Esmoriz, são agora tratados e rejeitados no mar, em condições ambientalmente favoráveis ao meio receptor. Como resultado da acção da SIMRIA, a qualidade da água da Ria de Aveiro, registou melhorias significativas nos últimos anos.

3.3. A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA SIMRIA

A SIMRIA divide-se em três Direcções – Exploração, Engenharia e Administrativa/Financeira – existindo ainda órgãos de apoio com funções transversais a toda a organização, o apoio jurídico e a Gestão de Projectos (Fig. 7). Este último órgão tem uma importância acrescida no âmbito da organização, por deter, além de atribuições

relacionadas com a comunicação e imagem, a função de gestão do Sistema de Gestão Integrado (SGI), de Qualidade, Ambiente e Segurança.



Fig. 7 - A estrutura organizacional da SIMRIA

A Direcção Administrativa e Financeira detém competências de gestão ao nível contabilístico, do processo de compras, de tesouraria, dos processos do Fundo de Coesão e recursos humanos.

A Direcção de Engenharia é responsável por toda a actividade associada à concepção, planeamento, construção e manutenção de infra-estruturas e inclui três áreas: Estudos e Planeamento, Obras e Administração de Sistemas. Segue-se uma descrição das funções destas áreas:

- Os Estudos e Planeamento têm como actividades, a concepção de novos projectos, sejam de raiz ou melhorias no sistema existente, o lançamento de concursos, ou a criação de procedimentos transversais ao sistema (por exemplo, a criação do Plano de Contingência);
- A Área de Obras tem a seu cargo o acompanhamento de obras em curso, e a responsabilidade de acompanhar as novas instalações, através da manutenção dos necessários contactos com os empreiteiros durante o período de garantia da obra. Além destas atribuições, a área das obras tem ainda a responsabilidade de garantir a manutenção, seja planeada ou curativa, de todas as instalações, ao nível das

suas infra-estruturas, o que implica principalmente intervenções ao nível da construção civil;

- A Administração de Sistemas tem a responsabilidade de gerir os sistemas informáticos, bem como gerir as redes de comunicações interna e externa, de telegestão e de vídeo vigilância, incluindo a garantia das necessárias acções de manutenção nestes sistemas.

A Direcção de Exploração é a responsável por toda a actividade associada à recolha, tratamento e rejeição de efluentes e encontra-se dividida internamente em duas áreas, Operação e Manutenção de ETAR e Operação e Manutenção de Condutas, Estações Elevatórias e Pontos de Entrada (Fig. 8):

- A função principal da Área de Operação e Manutenção de ETAR, é a realização do processo de tratamento de efluente, que se realiza nas ETAR pertencentes ao sistema;
- A Área de Operação e Manutenção de Condutas, Estações Elevatórias e Pontos de Entrada é responsável pela recolha nos pontos de entrega dos municípios e transporte de efluente até às ETAR, sendo após o processo de tratamento também responsável pelo transporte e rejeição do efluente tratado.

Cada uma destas áreas assume a responsabilidade da operação das instalações a seu cargo, bem como a manutenção dos recursos afectos à sua operação. A Direcção de Exploração conta ainda com dois órgãos de apoio, o Controlo de Gestão Operacional e o Laboratório.

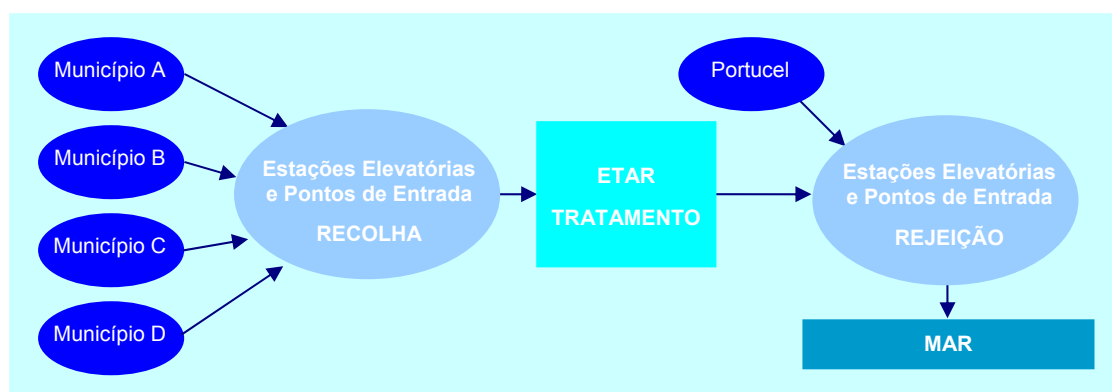


Fig. 8 - Representação esquemática das funções de exploração da SIMRIA

3.4. O SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO (SGI)

3.4.1. Enquadramento e objectivos

Em 2005, oito anos após a criação formal da SIMRIA, a empresa atingiu um nível de maturidade na sua curva de crescimento, que se caracteriza por:

- Conclusão dos investimentos relativos à “Despoluição da Ria de Aveiro – 1ª fase do Sistema Multimunicipal”, e pela consolidação da actividade de operação na quase totalidade do sistema;
- Reestruturação do respectivo organograma – já apresentado – no sentido de melhor adequar a organização aos processos que caracterizavam nesta fase a actividade da mesma;
- Tomada de decisão estratégica da administração da SIMRIA de seguir num caminho de melhoria contínua, dando assim início ao processo de criação e implementação do Sistema de Gestão Integrado, nas vertentes de Qualidade, Ambiente e Segurança.

O Sistema de Gestão Integrado (SGI) da SIMRIA, devidamente estabelecido, documentado, implementado e mantido, aplica-se aos processos de construção, gestão e exploração do sistema multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro. A SIMRIA considera todos os requisitos das normas NP EN ISO9001:2000, NP EN ISO14001:2004 e OHSAS18001:1999 como aplicáveis à sua actividade.

É nesta fase e no âmbito da certificação, que é definido o objectivo estratégico da definição de um modelo de gestão para a área da manutenção. Já em 2006, enquadrado numa estratégia de desenvolvimento sustentável, é tomada a decisão de implementar na SIMRIA um Sistema de Responsabilidade Social, através do início do processo de certificação pela norma SA8000, integrando também os requisitos deste referencial normativo no SGI da empresa, tomando consciência da sua importância em termos de ética empresarial.

Através da implementação do SGI, a SIMRIA pretende promover uma cultura de empresa que garanta a permanente adopção de processos de melhoria contínua das práticas da organização, de forma a garantir elevados níveis de qualidade e fiabilidade do serviço prestado aos municípios abrangidos pelo sistema multimunicipal e à Portucel, enquanto utentes do sistema.

Com esta postura, declarada nos princípios na sua missão, visão e política de gestão, a SIMRIA assume o objectivo de diferenciação pela qualidade dos seus serviços, bem como uma preocupação efectiva com o meio ambiente e segurança dos seus colaboradores e terceiros, reforçada pela responsabilidade social. Através da sistematização e optimização dos diversos processos, funções, actividades e equipamentos utilizados, a SIMRIA tem ainda por objectivo obter ganhos de produtividade e de qualidade de funcionamento que possibilitem garantir a sustentabilidade do sistema, contribuindo desta forma para a requalificação ambiental da Ria de Aveiro e Barrinha de Esmoriz/Lagoa de Paramos, e privilegiando a satisfação não só dos seus clientes directos, os utilizadores do sistema, mas também das restantes partes interessadas, designadamente concedente, colaboradores, accionistas, fornecedores e outros parceiros e sociedade em geral.

A implementação do SGI reflecte-se ao nível da sistematização da informação – utilizando para tal uma estrutura documental – por exemplo, através da definição de procedimentos, da recolha de dados e tratamento da informação, do estabelecimento de indicadores e respectiva análise de forma a avaliar o desempenho dos processos, do estabelecimento de objectivos e da definição de acções correctivas. Deste modo, é assegurada a objectividade necessária à tomada de decisão, no que respeita às acções adequadas para atingir as metas organizacionais definidas, bem como à melhoria contínua dos processos.

O Sistema de Gestão Integrado está documentado, na medida do necessário, de forma a assegurar a consistência e uniformidade de práticas e procedimentos. Existe uma estrutura documental, com uma hierarquia aberta que permite indexar os diferentes documentos independentemente do seu nível.

3.4.2. Missão, Visão e Política de Gestão

A administração define a missão e a visão como pressupostos estratégicos para o estabelecimento da política de gestão, onde são reflectidos, a diversos níveis, os compromissos da organização em termos de desenvolvimento sustentável.

A “missão” de uma empresa está focada nos negócios actuais – “O que a empresa é e o que quer” – mencionando claramente quais os produtos e serviços a oferecer, clientes a abranger e eventualmente a tecnologia a utilizar e factores de desempenho como a capacidade. No caso da SIMRIA, a missão define-se da seguinte forma:

Satisfazer as necessidades de recolha, tratamento e rejeição dos efluentes domésticos e industriais dos municípios pertencentes ao Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro, promovendo a requalificação ambiental da sua zona de abrangência, nomeadamente dos ecossistemas da Ria de Aveiro e Barrinha de Esmoriz/Lagoa de Paramos, num quadro de sustentabilidade económica, financeira, técnica e social.

A “visão” está centrada no caminho futuro da empresa – “Para onde vamos” – devendo apontar estratégias futuras como mercados a explorar, futuro da tecnologia de produto e processo ou o tipo de empresa que a gestão pretende desenvolver. Na SIMRIA, a visão é a seguinte:

Queremos ser reconhecidos como o parceiro regional de excelência no sector do saneamento, cujo contributo para a melhoria das condições ambientais e de saúde pública na nossa região é merecedor da confiança dos nossos clientes, do concedente e da população em geral, assegurando um forte compromisso público de responsabilidade ambiental e social e garantindo um ambiente de trabalho de grande qualidade para os nossos colaboradores.

A missão e a visão estão reflectidas na política de gestão da empresa, que traduz os compromissos nas diversas vertentes que caracterizam a actividade da empresa e perante as diferentes partes interessadas. Estes documentos reflectem-se na estratégia da SIMRIA, bem como nos seus objectivos organizacionais, sendo divulgados frequentemente junto de todas as partes interessadas na actividade da empresa, seja internamente, seja externamente.

Ao adoptar um documento que integra as orientações estratégicas da empresa, a SIMRIA está a assumir o compromisso para com estas orientações junto dos seus clientes, fornecedores, colaboradores e sociedade em geral, garantindo deste modo o envolvimento de todos, desde os operadores à gestão de topo, para com os objectivos e missão da empresa.

A política de gestão da SIMRIA, assume então os seguintes princípios estratégicos:

- Satisfazer as necessidades actuais e futuras dos seus clientes utilizadores do sistema, através da construção e gestão de um sistema de saneamento em alta, auto-sustentável, nos termos do Contrato de Concessão celebrado com o Estado Português;
- Reforço das relações de parceria com o Concedente, Municípios e entidades do sector, promovendo a confiança e a comunicação entre as partes;

- Recolher, tratar e rejeitar a totalidade das águas residuais urbanas da zona de abrangência do sistema multimunicipal, assente nos princípios de salvaguarda da saúde pública e promoção da qualidade de vida da população, garantindo elevados níveis de qualidade e fiabilidade numa óptica de melhoria contínua, em todas as vertentes de gestão;
- Identificação dos perigos, prevenir e minimizar os riscos, bem como os impactos ambientais externos e internos, actuando no sentido da prevenção da poluição;
- Motivação e desenvolvimento dos seus colaboradores, assegurando e melhorando as condições laborais e sociais, em conformidade com os requisitos da norma SA8000;
- Sensibilização da sociedade em geral para o desenvolvimento de uma consciência ambiental;
- Melhoria da eficácia e eficiência dos processos da empresa, optimizando a utilização dos recursos técnicos, humanos e financeiros;
- Desenvolver as suas actividades em conformidade com os requisitos legais e outros que a organização subscreva, nas vertentes de Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social.

3.5. INTEGRAÇÃO NA AdP

Com a participação no capital social da SIMRIA, é a AdP que define as orientações estratégicas da empresa, e sendo um instrumento do Estado, as opções passam por implementar e operacionalizar de forma muito directa as directrizes definidas centralmente para o sector. No âmbito da estratégia agora definida para o sector, através do PEAASAR II, a AdP tenderá a integrar em todas as empresas do grupo as orientações definidas:

- Promover a criação dos sistemas multimunicipais previstos e reorganizar os sistemas existentes, alargando-os a outros municípios, alargando o âmbito da sua actividade e reorganizando as respectivas áreas de intervenção através de fusões e integrações de sistemas afins e complementares;
- Promover a subcontratação de funções e tarefas relacionadas com a exploração, incluindo a operação e manutenção das infra-estruturas integradas nos sistemas multimunicipais tendo em vista a maior eficiência na prestação dos serviços e a promoção do tecido empresarial.

Para a concretização deste ultimo objectivo, terá sempre de ser tido em conta:

- A necessidade de otimizar a gestão de cada um dos sistemas concessionados, adoptando soluções ajustadas à especificidade de cada situação;
- A importância de deter no Grupo AdP conhecimentos, informação e experiência de todas as actividades relacionadas com a exploração e manutenção das infra-estruturas integradas nos sistemas;
- A necessidade da existência de comparadores de sector público para os contratos de colaboração entre entes públicos e entes privados, nos termos da lei.

Complementarmente, a AdP através da sua influência na tomada de decisão nas empresas em que detém participações sociais, assume um papel de agente dinamizador do sector da engenharia nacional através de:

- Participação no esforço de requalificação do tecido produtivo nacional, pela via da introdução de novas tecnologias ou processos tecnológicos associados à sua actividade e pela criação de novas áreas de negócio afins, estabelecendo as necessárias parcerias, nomeadamente no domínio das energias renováveis e na promoção da reciclagem e escoamento dos subprodutos resultantes dos processos de tratamento;
- Contribuição para a investigação e desenvolvimento do sector da água para abastecimento, do saneamento de águas residuais e da gestão de RSU, através da cooperação com os meios académico e empresarial;
- Desenvolvimento de esforços visando a criação de oportunidades de exportação de *know-how* em áreas de gestão similar, bem como promove a implementação de projectos no âmbito das medidas de desenvolvimento limpo (CDM) previstas no Protocolo de Quioto, a nível internacional, associando-se sempre que adequado a outras entidades do sector público ou privado.

A integração da SIMRIA no grupo AdP, através da participação desta no capital social da empresa, faz com que as orientações estratégicas da tutela sejam implementadas quase directamente nesta empresa, o que coloca a SIMRIA numa posição de agente operacional das políticas estatais para sector. Além disso, a SIMRIA beneficia do *know-how* acumulado na AdP em áreas técnicas relacionadas com o projecto, construção e exploração do seu sistema multimunicipal.

4. Uma breve caracterização do serviço de exploração do sistema da SIMRIA, S.A.

Tal como já descrito, o Departamento de Exploração da SIMRIA encontra-se dividido em duas áreas: Operação e Manutenção de ETAR e Operação e Manutenção de Conduatas, Estações Elevatórias e Pontos de Entrada.

Tratando-se no essencial, de duas áreas semelhantes nos aspectos que têm relevância para o objectivo deste trabalho, na breve caracterização do serviço de exploração da SIMRIA, que se segue, irá apenas proceder-se à descrição da Operação e Manutenção de Conduatas, Estações Elevatórias e Pontos de Entrada, já que, apresenta algumas situações específicas mais complexas que a área do tratamento, como sejam a distância geográfica das instalações ou o seu número elevado. A descrição das actividades operacionais que se segue, reporta-se à situação verificada previamente à implementação do modelo de gestão dos recursos produtivos que se pretende definir.

Daqui em diante, a área em estudo irá ser designada como Recolha/Rejeição, que é a terminologia utilizada na prática, numa alusão às funções desta área da Exploração.

4.1. DESCRIÇÃO DAS ACTIVIDADES OPERACIONAIS

As actividades operacionais da área de Recolha/Rejeição dividem-se em três grandes funções, típicas no sector do saneamento: operação, manutenção e telegestão/videovigilância. Cada uma destas funções é assegurada por uma equipa específica de colaboradores, com recursos, procedimentos e objectivos diferentes, sendo o seu Centro Operacional na ETAR Norte, numa posição central à distribuição geográfica das várias instalações que serve.

4.1.1. Telegestão e videovigilância

O sistema de telegestão da SIMRIA (SIMGest) permite a monitorização e controlo do sistema de saneamento, em tempo real, a partir de uma sala de comando localizada na ETAR Norte em Cacia. Para tal, existe uma infra-estrutura de comunicação por fibra óptica que serve o sistema na sua generalidade, e um *link* por micro-ondas para as estações em que foi considerada esta solução como mais viável, sendo utilizado como recurso em caso de falha destas, a comunicação por GPRS. A telegestão é

acompanhada em permanência, em três turnos, por uma equipa de operadores especializados. O sistema de telegestão permite:

- Visualizar o estado de funcionamento do sistema através de um esquema sinóptico intuitivo, que permite uma visão macro do sistema na sua globalidade, mas também aceder a perspectivas micro, de instalações ou equipamentos específicos, e respectivos parâmetros de funcionamento;
- Receber alertas de mau funcionamento ou anomalias de equipamentos, permitindo a imediata implementação de acções correctivas;
- Comandar remotamente a maioria das funções operacionais no sistema, nomeadamente activar ou desactivar equipamentos;
- Parametrizar remotamente *setpoints* de equipamentos, como sejam condições de arranque ou de paragem;
- Visualizar registos históricos do funcionamento do sistema, permitindo a visualização de dados e a construção de gráficos com a evolução das variáveis controladas.

Pela visão privilegiada de todo o sistema e das ocorrências relevantes em tempo real, o sistema de telegestão é o primeiro nível de detecção de anomalias ou de situações que necessitam da implementação de correcções. O operador deste nível, perante uma situação que configura uma possível anomalia implementa uma sequência de acções:

1. Corrige a situação utilizando as ferramentas de operação remota ao seu dispor, e monitorizando a evolução dos parâmetros relevantes;
2. Na impossibilidade de resolver remotamente, contacta uma equipa de operadores no terreno ou um técnico de manutenção, em função da natureza do problema, dirigindo estes meios para uma resolução no local;
3. Regista a ocorrência e os seguimentos dados e, no caso de ser uma situação que configure um caso com elevado impacto ou que necessite de meios especiais, comunica de imediato ao superior hierárquico, que garante a mobilização dos meios necessários.

A videovigilância é um complemento à telegestão. À representação esquemática do sistema, acrescenta a imagem em tempo real dos recintos das instalações. Instalado originalmente com o objectivo de contribuir para a segurança de operação, através de

uma monitorização à distância da permanência dos colaboradores da SIMRIA nas instalações, permite também a detecção de situações de intrusão por terceiros. Além das ferramentas já referidas, o centro de controlo da telegestão constitui ainda o *call center* do número verde da empresa, através do qual qualquer pessoa pode comunicar à SIMRIA situações anómalas detectadas no sistema. Este instrumento é bastante valorizado e frequentemente utilizado pela população, constituindo mais uma forma de identificação de anomalias a que o pessoal da telegestão deve dar os seguimentos já descritos acima.

4.1.2. Operação

A actividade de operação da área da Recolha/Rejeição é realizada pela equipa de operadores. Assegurando a realização do serviço em permanência, 24 horas por dia, em três turnos, a sua missão passa por cumprir rotinas de visita às instalações afectas área funcional da Recolha/Rejeição, cumprindo também a função de piquete na eventualidade de surgirem actividades não planeadas, que exijam a sua resposta. As visitas dividem-se em três tipos de periodicidades: rotina, semanal e mensal, sendo que, quanto maior a periodicidade, mais alargado o âmbito das actividades previstas.

A *check-list* das tarefas que constituem as actividades planeadas dos operadores divide-se em limpezas, registos de leituras de diversos equipamentos e de consumo de *utilities*, reabastecimentos de combustível, consumíveis e reagentes e inspecções e verificações da operacionalidade de equipamentos e de condições de segurança. O nível de formação requerido no recrutamento de operadores¹ permite ainda que a equipa de operação constitua o primeiro nível de análise e resolução de anomalias.

4.1.3. Manutenção

Ao nível da manutenção, existe uma equipa de técnicos, que garante a existência na organização de competências nas especialidades técnicas de electricidade, mecânica e instrumentação. As actividades desta equipa de técnicos, desenrolam-se apenas durante um turno, sendo que a sua presença em caso de necessidade nos restantes períodos, está assegurada por um esquema de prevenção, em que os técnicos se mantêm em estado de disponibilidade, apresentando-se num curto tempo de resposta ao serviço, se solicitados.

¹ 12º ano, preferencialmente na área da electricidade ou mecânica

São funções destes técnicos, o diagnóstico de anomalias e a realização de manutenção correctiva e preventiva aos equipamentos da exploração. Tal como já mencionado, de fora das competências das equipas de manutenção da direcção de exploração, seja a da Recolha/Rejeição, seja a de Operação e Manutenção de ETAR, ficam dois tipos de objectos de manutenção:

- As infra-estruturas de construção civil, cuja manutenção é responsabilidade da Área de Obras da Direcção de Engenharia;
- Os sistemas de telegestão e videovigilância, comunicações e informático, que é responsabilidade da Área de Administração de Sistemas da Direcção de Engenharia.

O contexto da manutenção na empresa em estudo, tem-se caracterizado por:

- Instalações e equipamentos novos, abrangidos por períodos de garantia das empreitadas, sendo a resolução das anomalias neste âmbito responsabilidade do empreiteiro;
- Reduzido impacto da maior parte das anomalias na prestação do serviço, devido fundamentalmente a:
 - Redundâncias ou sobredimensionamento de equipamentos críticos, considerados no projecto;
 - Dimensionamento do sistema para as necessidades do horizonte de projecto de 30 anos, o que leva a que, em conjunto com os atrasos de construção e ligação das redes “em baixa” que irá servir, se verifique um subaproveitamento da capacidade instalada.
- Falta de orientação estratégica da gestão de topo para a manutenção;
- Inexistência de planos de manutenção preventiva, devidamente estabelecidos. A manutenção preventiva realizada, resume-se a algumas boas práticas básicas de limpeza e lubrificação e a acções recomendadas pelos fabricantes, apenas realizadas em situações pontuais, em função da disponibilidade de técnicos, e não de uma estratégia estabelecida de manutenções programadas;
- Inexistência de políticas de selecção dos recursos, sejam internos ou externos, de forma a optimizar a eficiência dos meios;

- Equipa de técnicos subdimensionada, realiza o diagnóstico, mas por falta de capacidade, frequentemente não implementa a acção correctiva, sendo esta realizada em *outsourcing*;
- Recurso frequente ao *outsourcing* para manutenção correctiva, motivado pela falta de disponibilidade da equipa interna para a resolução de problemas e sem enquadramento estratégico que justifique aquela opção.

4.1.4. Tipologia dos recursos produtivos

As instalações afectas à área da Recolha/Rejeição têm como funções principais a elevação e transporte de efluente. As infra-estruturas afectas a esta área dividem-se em:

- *Estações elevatórias* – São instalações de bombagem de efluente, que permitem vencer os desníveis topográficos do terreno. Frequentemente, recebem efluente de uma estação a montante no sistema e também de um ponto de entrada local;
- *Pontos de entrada isolados* – São pontos pré-determinados de entrega de efluente que constituem as ligações entre as redes em baixa e a da SIMRIA;
- *Conduatas* – Constituem a infra-estrutura de transporte das águas residuais entre instalações até às ETAR do sistema, para a realização da fase de tratamento, e garantem posteriormente o transporte até à rejeição no mar;
- *Outras instalações* – Exemplo de outras instalações do sistema são câmaras subterrâneas com válvulas de manobras e seccionamento de troços de conduta ou reservatórios de protecção das conduatas contra o choque hidráulico, também denominado como golpe de aríete, colocados ao longo do sistema.

Nestas instalações, os recursos que tipicamente desempenham as funções de elevação e transporte, serão os grupos de bombagem e as conduatas, mas existe uma multiplicidade de recursos que permitem a realização de várias funções de apoio, ou acessórias, e de controlo.

Na área das funções de apoio e controlo, constituem exemplos os sistemas de desodorização e tratamento de ar, válvulas de seccionamento de fases do processo, sistemas de medição de caudal, sistemas de protecção hidropneumáticos, sistemas de ar comprimido, equipamentos de monitorização da concentração de gases nocivos, equipamentos que realizam tratamento primário das águas residuais, através da recolha de areias, gorduras e gradados, sistemas de medição de vários parâmetros (por exemplo,

pH, potencial redox e concentração de cloretos no efluente, pressão, etc.), equipamentos de produção e distribuição de energia, etc.

Os equipamentos existentes nas instalações da Recolha/Rejeição, além da sua natureza diversa – electromecânicos, eléctricos, hidráulicos, pneumáticos, instrumentação diversa, etc. – apresentam ainda, no seu conjunto, uma gama de capacidades e potências muito abrangente, em função do dimensionamento da capacidade instalada em cada instalação.

5. O estado de arte dos modelos de organização da manutenção

Nas normas EN 13306:2001, relativas à manutenção, esta é definida como a combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão realizadas durante o ciclo de vida de um equipamento, com vista a manter ou repor o estado requerido à execução da sua função. Nas mesmas normas, a gestão da manutenção é definida como o conjunto de actividades de gestão que determinam os objectivos ou as prioridades da manutenção, as estratégias, e as responsabilidades e executam-nas utilizando ferramentas como o planeamento da manutenção, o controlo da manutenção e a supervisão, e outros métodos cuja aplicação represente potenciais melhorias da actividade, incluindo os aspectos económicos da organização. Esta definição da gestão da manutenção está em linha com outras encontradas na literatura moderna da manutenção (Campbell e Jardine, 2001; Campbell, 1995; Shenoy e Bhadury, 1998).

Outras definições consideram a gestão da manutenção como a gestão dos recursos de uma empresa, visando a maximização do retorno do investimento nesses recursos (Wireman, 1998). Segundo Wireman, a gestão da manutenção incluiria, mas não seria limitada a, o seguinte: manutenção preventiva, gestão de stocks e aprovisionamento, sistema de ordens de trabalho, sistema informático de gestão da manutenção (CMMS), formação técnica e interpessoal, participação operacional, manutenção pró activa, manutenção centrada na fiabilidade (RCM), manutenção produtiva total (TPM), optimização financeira estatística, e melhoria contínua. Nesta perspectiva, cada uma destas iniciativas é um importante componente do processo de gestão da manutenção.

Uma outra aproximação à definição da gestão da manutenção é dada por Duffuaa, Raouf e Campbell (2000). Segundo esta concepção, a gestão da manutenção é apresentada como um sistema simples de *input-output*. As entradas serão os recursos humanos, a gestão, as ferramentas, o equipamento, etc., e a saída é a fiabilidade de funcionamento do equipamento e a configuração adequada ao desempenho da sua função. Estes autores mostram que as actividades requeridas para que este sistema seja funcional são planeamento da manutenção (filosofia, previsão da carga de trabalho da manutenção, capacidade, e planeamento), organização da manutenção (concepção das actividades,

normalização, medida do trabalho, e direcção de projecto) e controlo da manutenção (dos trabalhos, dos materiais, dos stocks, dos custos, e gestão orientada para a qualidade).

Na literatura disponível são propostas várias formulações para a estrutura da manutenção, sendo que as áreas e as questões abordadas são transversais aos vários autores, mudando a forma de arrumação das mesmas e a importância relativa atribuída. Será na proposta de Márquez e Gupta (2005), que iremos assentar a análise das várias funções da manutenção numa organização. Esta solução preconiza a organização das funções da manutenção considerando três grandes dimensões: as funcionalidades requeridas a elementos facilitadores da gestão da manutenção tais como ferramentas ao nível das tecnologias de informação (TI), as diversas ferramentas e metodologias da engenharia de manutenção moderna e a criticidade dos requisitos ao nível de competências organizacionais/pessoais e inter-relacionais na manutenção.

5.1. A COMPLEXIDADE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A gestão da manutenção é associada frequentemente a inúmeras dificuldades. Por exemplo, o planeamento das actividades de manutenção, é considerado um dos três maiores problemas para os engenheiros industriais e responsáveis de manutenção (Löfsten, 1999). Importa perceber as causas na origem da dificuldade no controlo desta função pela gestão.

Jonsson (2000) encontra na falta de modelos de gestão da manutenção, um factor que, se ultrapassado, poderá melhorar a compreensão das várias dimensões subjacentes à manutenção, uma das variáveis com mais impacto no desempenho das operações de uma organização. Noutra pesquisa, Jonsson (1999) conclui que a manutenção é uma área ainda subdesenvolvida com falta de metodologias preventivas eficazes e ausência da utilização generalizada destes métodos. Tal deve-se ao facto de a manutenção ser composta por um conjunto de actividades para as quais é muito difícil encontrar procedimentos e sistemas de informação, cuja aplicação directa promova o processo da melhoria. Normalmente, os problemas encontrados pela manutenção são muito variados, mesmo se a análise se limitar a empresas de um mesmo sector produtivo, o que, normalmente, torna muito complexo o processo de concepção de uma metodologia de aplicação universal.

Hipkin e De Cock (2000) apresentam um conjunto de obstáculos à implementação de modelos de gestão da manutenção. Concluíram que gestores, chefias intermédias e operadores consideram frequentemente o desconhecimento da empresa e do processo a limitação principal, seguida da falta de um histórico de dados, ausência de disponibilidade para análise de dados, falta de apoio da gestão de topo e receios relativamente a falhas na produção/operações.

Também Jahnig (2005), identifica uma série de preconceitos relativamente à gestão da manutenção, seja ao nível organizacional, seja ao nível operacional, que se torna necessário ultrapassar com vista a uma realização eficiente desta função:

- *A gestão da manutenção não deve ser uma preocupação da gestão de topo*

Por ser encarada como uma rotina realizada a um nível muito baixo na hierarquia da empresa, a manutenção era, historicamente, uma função desconsiderada pela gestão de topo. No entanto, se se considerar a influência que as acções de manutenção têm nos níveis de produção, na qualidade do produto ou serviço e nos custos, facilmente se conclui que a manutenção tem um grande impacto nas variáveis que determinam o processo de tomada de decisão da gestão de topo. Por esta razão, a tendência é cada vez mais que a manutenção seja encarada como uma actividade produtiva, que contribui para os objectivos da organização, em conjunto com outras funções estratégicas como a produção, o marketing ou a gestão financeira.

- *Um bom gestor da manutenção deve “sujar as mãos” para garantir que as actividades são realizadas*

Esta ideia surge da constatação de que, tradicionalmente, as pessoas com a atribuição de gestor da manutenção eram em primeiro lugar técnicos, que se destacaram internamente na organização e, através disso, foram recompensados com lugares de chefia que implicavam a realização da gestão da manutenção. Com frequência, estas pessoas não se conseguem “desligar” do terreno, deixando as tarefas de reparação e manutenção para outros e assumindo a realização de actividades de planeamento, controlo, gestão e motivação, com a subsequente visão de melhoria contínua e o desenvolvimento do processo. O gestor de manutenção neste caso, deve saber abdicar da recompensa imediata, que representa a resolução de um problema, para aprender a apreciar os resultados que consegue no médio e

longo prazo, ao realizar tarefas que permitem tornar o trabalho da manutenção mais eficiente.

- *A manutenção é necessariamente um processo ineficiente*

Frequentemente, o objectivo da manutenção é encarado como sendo o de manter o equipamento em funcionamento, ou seja, deve ser eficaz. No entanto, após garantir este objectivo de forma consistente e após atingir um nível mais avançado de organização e desempenho, a manutenção deve progredir para um objectivo superior, o da eficiência, em que, além de se garantir a disponibilidade do equipamento, deve garantir-se que para o fazer, é feita a melhor utilização dos recursos disponíveis, otimizando a sua utilização. Para tal torna-se importante uma colaboração próxima entre as várias funções estratégicas da organização com vista à coordenação comum, sendo necessário que a manutenção garanta a existência de um plano de actividades e que o divulgue junto das restantes funções.

- *O objectivo da manutenção é responder a falhas de equipamentos e a ocorrência destas não pode ser planeada*

De facto, uma das actividades da manutenção consiste em responder a falhas de equipamentos, mas não é a única. Apesar de esta actividade consistir basicamente em tarefas que não conseguem ser planeadas ou pelo menos previstas com grande grau de certeza, é no entanto possível planear outras, como a manutenção preventiva ou preditiva, ou ainda actividades de melhoria e de aumento da manutabilidade, que caem também no âmbito da manutenção. A gestão da manutenção deve garantir que as actividades passíveis de ser planeadas o são de facto, e através disto, garantirá uma maior disponibilidade e eficiência dos recursos produtivos da organização.

- *A realização de diagnósticos e reparações implica necessariamente que o equipamento seja no todo, ou em grande parte, desmontado*

Não deixa de ser verdade esta afirmação, no sentido em que será impossível antecipar a 100% os detalhes de uma reparação a realizar. No entanto, através de uma correcta pesquisa de defeitos, análise por pessoal especializado e apoiado pelo histórico de ocorrências e outra informação relevante, pode ser possível prever com algum grau de certeza o que está em causa, quais os procedimentos a adoptar, as ferramentas e as peças de substituição necessárias, ainda antes de iniciar a intervenção. Com este procedimento são evitadas muitas situações que surgem

depois do início da intervenção, quando o equipamento está já fora de serviço e quando já é urgente restabelecer a sua operação.

- *A manutenção não é um processo produtivo*

Embora a manutenção não seja um processo produtivo no sentido em que muitas pessoas o entendem, ou seja, como uma linha de montagem (aliás, nem mesmo grande parte dos processos produtivos o é), utiliza muitas das metodologias associadas à gestão da produção e gestão de materiais e cadeias de fornecimento das organizações modernas.

Adicionalmente, durante as últimas duas décadas, em consequência da adopção de tecnologias de produção avançadas e sistemas de produção *just-in-time*, o ambiente produtivo alterou-se, permitindo que as organizações produzam de forma mais eficiente, maiores quantidades e com um nível mais elevado de personalização. Por outro lado, a tendência para a crescente utilização de automação e a redução dos níveis de stocks intermédios são factores que colocam maior pressão sobre a manutenção do sistema, porque a súbita quebra nos fluxos da produção pode de imediato tornar-se muito dispendiosa. Acresce ainda que, em organizações com elevados níveis de automação, as limitações de acesso ao controlo dos sistemas, a integração de vários sistemas, e os elevados requisitos de formação profissional, tornam mais complexa a tarefa de diagnosticar e resolver os problemas do equipamento. Isto coloca a actividade da manutenção numa posição de elevada relevância ao nível da gestão de operações, com vista ao aumento da produtividade e rentabilidade da organização. Verifica-se que quando é requerida intervenção nestes ambientes produtivos automatizados, as competências necessárias para os resolver são muito especializadas, tornando este processo complexo e difícil.

A variedade de tecnologia utilizada é outro factor que agrava a complexidade dos problemas com que a manutenção tem de lidar, e quando tal acontece é frequente o surgimento de novas problemáticas a que é necessário dar resposta. Além dos problemas apresentados, relacionados com o processo produtivo e tecnologias utilizadas, os requisitos ao nível da segurança e protecção do meio ambiente emergentes de nova legislação ou da adopção de referenciais normativos relativos a estas áreas vêm acrescer ainda mais o nível de complexidade da gestão de manutenção e as exigências nos níveis de desempenho desta função, ao terem de ser considerados e integrados nos processos associados à organização e tomada de decisão da manutenção.

Com a crescente complexidade dos ambientes produtivos, torna-se necessário realizar a avaliação relativa da complexidade da gestão da manutenção, com vista a permitir um melhor dimensionamento dos meios e orientação do esforço relativo necessário à prossecução dos objectivos da manutenção. Márquez (2007) utiliza uma ferramenta que permite caracterizar e comparar a complexidade encontrada em controlar a função da manutenção em ambiente produtivo (ver a tabela 4). De acordo com esta metodologia, para uma dada organização em estudo, são valorizados factores previamente determinados (com uma classificação DF_i de 0 a 5) e a sua relevância para a organização (com um factor de relevância RF_i de 0 a 5). A importância relativa dos factores, através da utilização de ponderação, é óbvia. A experiência indica que uma avaliação mais elevada do RF está associada a uma maior complexidade do processo de gestão da manutenção. Esta metodologia reflecte experiências em domínios industriais, em frotas de transporte, em serviços, etc. Por exemplo, usar CMMS é um factor altamente relevante num ambiente produtivo onde o número de equipamentos críticos é muito elevado ou onde a necessidade de gestão dos recursos da manutenção é muito significativa. Do mesmo modo, se do processo de produção consta apenas um pequeno número de equipamentos críticos, a ausência de CMMS poderia conduzir a uma valorização de 5 do seu DF, mas a relevância deste factor marcaria somente 1 pela sua baixa importância relativa. A multiplicação do DF e do RF aqui seria $5 \times 1 = 5$, enquanto a complexidade possível máxima para todos os factores é 25. Outro exemplo é a importância da competência técnica da equipa de funcionários de manutenção. Este factor pode não ser importante para as unidades produtivas onde o processo de produção é simples ou onde a manutenção é realizada em regime de *outsourcing*, seja por razões de rentabilidade económica ou por falta de capacidade interna.

Avaliação da complexidade da Gestão da Manutenção

Factores com influência na Complexidade da gestão da Manutenção		Classificação (DF)					Relevância (RF)	Total (DFx RF)
		1	2	3	4	5		
Sistemas de Informação	Falta de CMMS							
	Ausência de histórico							
Tecnologia do Processo e Integração	Complexidade tecnológica do processo produtivo							
	Variedade tecnológica do processo produtivo							
	Nível de automação e de integração de processos							
Sistema de gestão da produção	JIT ou outros sistemas sem stock intermédio							
Sistema de Gestão da Manutenção	Falta de procedimentos de manutenção							
Competências Técnicas dos colaboradores	Baixo nível de formação dos operadores							
	Baixo nível de envolvimento dos operadores em actividades de manutenção							
	Reduzida formação técnica do pessoal da manutenção							
Outros aspectos relevantes	Etc...							
TOTAL Σ (DFx RF) =								

Tabela 4 - Avaliação da complexidade da Gestão da Manutenção

Se a tabela 4 for preenchida totalmente, com a realização de todos os cálculos, chegaremos a um índice total da complexidade que pode ser comparado entre vários ambientes produtivos, relativizando, e podendo assim, auxiliar no processo de tomada de decisão sobre o dimensionamento de recursos e custos associados à sua manutenção. Esta comparação também pode ser realizada internamente, entre várias áreas, servindo de ponto de partida para direccionar o esforço e os meios disponíveis na organização para as áreas que mais o justifiquem.

5.2. O PROCESSO E A ESTRUTURA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Qual a estrutura de suporte e modelo de organização necessários a um controlo eficaz da manutenção? Qual o processo – aqui com o significado de sequência de procedimentos ou etapas – a seguir? Para começar, serão analisadas algumas das mais interessantes e úteis contribuições encontradas na literatura sobre estas temáticas.

Pintelon e Gelders (1992) discutem uma estrutura da gestão da manutenção em que os aspectos preliminares da gestão da manutenção são incluídos. A estrutura de suporte tem três grandes componentes:

1. A concepção do sistema de gestão de operações/gestão da manutenção, que coloca formalmente a gestão da manutenção dentro de um âmbito mais alargado do negócio onde o marketing, as finanças e as operações interagem para as decisões chaves, evitando assim que cada função persiga os seus próprios objectivos limitados. A gestão da manutenção é considerada aqui enquanto uma das sub-funções das operações;
2. A segunda componente a considerar no processo de tomada de decisão da gestão da manutenção é o planeamento e controlo, que inclui as decisões que o gestor da manutenção deverá tomar integradas com três outras funções principais do negócio (marketing, finanças, e operações), a gestão de recursos e a medição do desempenho. As teorias e os métodos mais técnicos da manutenção (aspectos tecnológicos da manutenção, com aplicações específicas, como por exemplo, novas técnicas de reparação ou de monitorização) não são incluídas directamente neste contexto;
3. A última grande parte da estrutura de suporte é o conjunto de ferramentas da gestão da manutenção, que consiste nas ferramentas estatísticas que permitem analisar a ocorrência das falhas no sistema, em conjunto com as várias técnicas de gestão de operações e aplicações informáticas que permitem a optimização das acções e políticas adoptadas.

Vanneste e Van Wassenhove (1995) propõem uma solução que implementa o processo de gestão da manutenção em duas partes:

- a) Análise da eficácia;
- b) Análise da eficiência.

A primeira parte permite a detecção dos problemas de maior impacto e a identificação de possíveis soluções. A segunda parte identifica os procedimentos adequados. Os investigadores definem oito fases para realizar esta análise detalhada (Fig. 9):

1. Análise do desempenho actual da organização;
2. Análise de problemas de qualidade e relacionados com parâmetros do processo produtivo;
3. Análise da eficácia de soluções alternativas;
4. Análise à eficiência de procedimentos de manutenção;

5. Planeamento de acções;
6. Implementação de acções e recolha de dados;
7. Monitorização das acções e tratamento dos dados;
8. Adaptação do plano e, no caso de desvios inesperados, analisar de forma eficaz toda a informação existente.

Quando estas fases são concluídas, o gestor deverá voltar à fase (1), na busca de uma maior eficiência, no espírito do ciclo de Deming PDCA, implementando desta forma um processo de melhoria contínua.

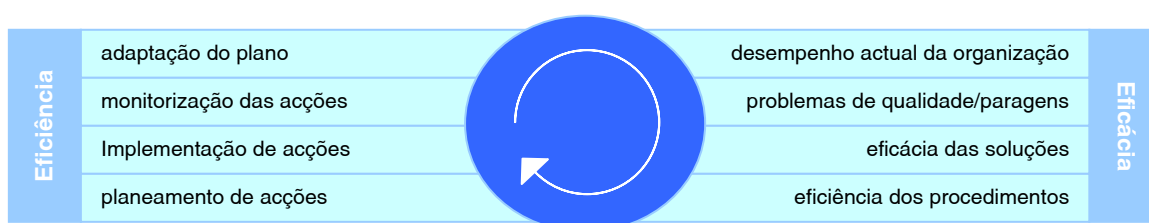


Fig. 9- Ciclo de melhoria contínua da gestão da manutenção

No trabalho de Wireman (1998), é proposta uma série de etapas sequenciais a implementar para assegurar que todas as funções da gestão da manutenção são consideradas, em que são consideradas uma série de precedências. Este autor conclui ainda que um programa de manutenção preventiva deve ser adoptado antes de se avançar para o nível seguinte, a implementação de um CMMS. Esta afirmação resulta da constatação de que a adopção de um programa de manutenção preventiva reduz a ocorrência e necessidade de resolução de problemas a um nível tal que as fases implementadas de seguida têm maior probabilidade de ser eficientes. A manutenção preventiva faz parte da operação do recurso produtivo pelo que será necessário promover a sua execução como o mínimo esforço para garantir a sua fiabilidade e exequibilidade. Wireman afirma ainda que um apropriado sistema de gestão de ordens de trabalho – que permita a realização do planeamento e execução dos trabalhos e a sua atribuição considerando as devidas prioridades – e um sistema de gestão dos recursos da manutenção são necessários antes que se considere a execução de programas de RCM e de programas de manutenção preditiva. Esta precedência de etapas justifica-se pela necessidade de existência de dados disponíveis para a adopção de ferramentas de RCM, pelo que, o sucesso destas metodologias depende da capacidade da organização assegurar a compilação de dados fiáveis e exactos. Além disso, os operadores devem estar cientes da importância de seu próprio papel na função manutenção. Assim, o

envolvimento dos operadores e de todo o tipo de pessoal é considerada a etapa seguinte do processo de implementação da gestão da manutenção. Os programas de TPM, uma inovação da década de 80, consistem numa série de iniciativas de gestão e intervenções (como o TQM) que enfatiza a participação do operador na manutenção de rotina. Desta forma, sempre que bem implementado, o TPM dará um importante passo em conseguir a participação do operador, bem como sistematizar a utilização de técnicas de optimização, dando ainda um importante contributo na forma de organização da estrutura de manutenção, facilitando a adopção de práticas de melhoria contínua.

Também Campbell (1995) sugere uma estrutura formal para a eficácia da gestão da manutenção, em que o processo de organização começa com o desenvolvimento de uma estratégia para cada recurso, que deve ser perfeitamente integrada no plano de negócio. Em simultâneo, deve ser executada junto dos recursos humanos a necessária formação, focando-a na alteração de mentalidade necessária a uma nova abordagem da manutenção. De seguida, a organização deve assegurar o controlo para assegurar a disponibilidade e funcionalidade do recurso ao longo da sua vida útil. Para tal, deve garantir a implementação de um CMMS, de um sistema de indicadores de desempenho da função manutenção, e de um sistema que permita o planeamento e calendarização das actividades de manutenção. Isto pode ser realizado de acordo com várias técnicas, mais ou menos sofisticadas e mais ou menos exigentes ao nível dos recursos necessários, que devem ser seleccionadas de acordo com o valor ou criticidade do objecto de manutenção em causa, para a organização. Nestas tácticas Campbell inclui:

- a. Funcionamento até à falha;
- b. A redundância;
- c. Substituição programada;
- d. Revisões programadas;
- e. Manutenção *ad-hoc*;
- f. Manutenção preventiva;
- g. Manutenção com base na idade ou utilização;
- h. Manutenção baseada no diagnóstico da condição;
- i. Alteração do equipamento.

Finalmente, Campbell propõe a adopção de dois métodos altamente bem sucedidos para a prática da melhoria contínua, o RCM e o TPM, recomendando também o uso de técnicas de reengenharia do processo (técnicas de mapeamento do processo baseado em actividades, técnicas de análise de valor, e técnicas inovadoras de representação

visual de processo, entre outras) para a implementação de ciclos de melhoria contínua na manutenção.

Pintelon e Van Wassenhove (1990) fornecem uma ferramenta de gestão da manutenção para avaliar o desempenho desta actividade. Esta ferramenta consiste num quadro de controlo e uma série de relatórios que permitem a análise de rácios e indicadores relevantes. Esta ferramenta é aplicada em cinco domínios diferentes que se enquadram no âmbito da gestão da manutenção: custo/orçamento, desempenho do equipamento, desempenho do pessoal, gestão de materiais e controlo de ordens de trabalho. Para cada um destes domínios o quadro de controlo indica os valores actuais dos indicadores, os valores esperados, os objectivos e outras observações úteis.

Uma estrutura genérica para integrar a gestão da manutenção é apresentada por Hassanain, Froese e Vanier (2001) para itens construídos, instalados e em utilização. A sua estrutura consiste em cinco etapas sequenciais a implementar pela gestão:

1. Identificar o recurso;
2. Identificar os seus requisitos de desempenho;
3. Avaliar o desempenho actual do recurso;
4. Criar o plano para a sua manutenção;
5. Controlar as operações da manutenção.

Para facilitar a troca e partilha de informação de manutenção entre aplicações, este modelo define os requisitos dos objectos e das suas relações.

Alguns outros trabalhos nesta área são também interessantes e úteis. No entanto, a fim de facilitar ao máximo a agilidade organizacional tendo em vista a manutenção, é desejável que se procure uma aproximação holística a fim de sistematizar o conhecimento relevante da manutenção como um todo, tornando a informação disponível atempadamente.

5.3. UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM À GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Um conjunto incontável de conceitos, dados, políticas, técnicas e ferramentas afectam a execução eficaz das actividades da manutenção, particularmente numa organização dotada de tecnologias modernas. Nestas condições, uma aproximação integrada em vez

de limitada ao âmbito restrito da gestão da manutenção poderá otimizar os resultados. No entanto, com muita frequência, na prática da gestão da manutenção, muitas das dificuldades resultam precisamente da combinação entre as acções e as ferramentas adoptadas para as levar a cabo, sendo este um problema cuja resolução vai sendo adiada, e que não tem sido objecto de trabalhos de investigação. Para tentar ajudar a compreender esta situação, serão descritas as características essenciais de um processo de manutenção eficaz e a correspondente estrutura a desenvolver, que permita operacionalizar aquele processo com vista à prossecução dos objectivos pretendidos.

O termo “processo” tem sido utilizado para definir o curso de acção enquanto a palavra “estrutura” tem sido utilizada no sentido de definir a estrutura de suporte. Embora possa dizer-se que um dado processo tem uma estrutura, esta, tal como é aqui proposta visa o suporte tecnológico ao processo no sentido em que é aqui apresentado, consistindo numa série de actividades a desenvolver permanentemente com o objectivo de realizar a gestão da manutenção (Márquez, 2007). Márquez sugere também que a gestão da manutenção deve ser articulada e estar sincronizada com as acções realizadas em três níveis das actividades do negócio – estratégicos, táticos e operacionais.

As acções no nível estratégico transformarão prioridades do negócio em prioridades da manutenção. Para concretizar estas prioridades, este processo ajudará a definir estratégias a médio/longo prazo, visando resolver actuais ou potenciais problemas identificados no desempenho dos recursos existentes. Como resultado desta acção, deverá ser realizado um plano geral de manutenção neste nível, com definição de objectivos.

A transformação de prioridades do negócio em prioridades da manutenção é feita estabelecendo os recursos críticos para as operações, em cada momento. A análise detalhada leva à definição de quais os recursos com este estatuto, através da análise do histórico de ocorrências de anomalia e do seu impacto nos objectivos da organização (fazendo a análise da criticidade, por exemplo, utilizando FMCA). A gestão da manutenção desenvolveria então plano de acções estratégicas visando a resolução dos problemas inerentes a estes recursos críticos. Outras acções dirigir-se-iam ao planeamento e desenvolvimento das competências e tecnologias necessárias (por exemplo, para monitorização da condição de equipamentos) a um desempenho mais eficaz e eficiente da manutenção no nível da execução.

As acções no nível tático iriam definir quais os melhores recursos da manutenção (competências, materiais, equipamento de ensaio, etc.) a utilizar na execução do programa de manutenção, sendo definido um plano detalhado de tarefas e recursos necessários e metas a cumprir com vista aos objectivos mais gerais constantes do plano geral de manutenção. Além disto, durante o processo de planeamento e calendarização das actividades de manutenção a executar em cada equipamento – plano de manutenção – deve ser também realizada uma análise das diversas opções alternativas ao nível de recursos a utilizar em cada circunstância. Tais decisões constituem as opções ao nível das políticas de manutenção.

As acções no nível operacional garantem que as tarefas da manutenção são executadas por técnicos com a formação necessária, na altura certa, utilizando o procedimento correcto e as ferramentas apropriadas. Como consequência da realização das tarefas, os dados são registados no sistema de informação. No nível operacional, é necessário estabelecer procedimentos para a realização de manutenção preventiva, correctiva, reparações de equipamento, e diagnósticos de anomalias. De notar que o diagnóstico de anomalias e dos motivos de falha transformou-se uma função crítica no âmbito da manutenção, necessitando de conhecimentos especializados e de competências específicas e recorrendo a tecnologia complexa, sendo expectável que durante o procedimento de diagnóstico de anomalias possam ser utilizados dados com origem no sistema de informação da manutenção, que deverá fornecer informação sobre todo o histórico de ocorrências e intervenções em cada equipamento.

Os três níveis de intervenção e os seus processos em curso na organização estão fortemente relacionados. Para simplificar o processo de gestão da manutenção de uma organização (nos três níveis mencionados), teria de ser concebida uma estrutura de suporte básica. Marquez e Gupta (2005), explicam que esta estrutura compreende três grandes áreas de suporte, que serão exploradas nos pontos seguintes deste trabalho: as tecnologias de informação, as metodologias da engenharia da manutenção e a estrutura organizacional e comportamental.

5.4. AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO

A utilização deste tipo de ferramenta permite que os gestores, os responsáveis de planeamento, e o pessoal da produção e da manutenção tenham acesso a todos os dados relevantes do equipamento, disponibilizando ainda estes dados para a sua

utilização no estabelecimento de prioridades e para o processo de tomada de decisão em cada um dos três níveis de actividade do negócio: estratégico, tático e operacional. Conforme preconizado, este objectivo é atingido utilizando ferramentas CMMS, sistema que permite a monitorização e o controlo adequados dos recursos produtivos. A instalação e disponibilidade de um sistema informático deste género torna-se ainda mais crítica quando o número de itens de manutenção a gerir e a complexidade da organização produtiva são elevados, como nas empresas mais modernas, em que existe um nível elevado de sofisticação tecnológica do processo produtivo e de integração de sistemas. Quando configurado adequadamente e interligado com o sistema de ERP da organização, o CMMS pode transformar-se uma ferramenta crítica para o sucesso e ser útil a cada um dos três níveis de actividades da manutenção na organização. Factores como a mais avançada capacidade de tratamento de informação, sistemas de suporte à tomada de decisão e utilização de ferramentas de comunicação *on-line*, e a colaboração entre os processos de manutenção e sistemas especializados têm-se combinado em sistemas de informação virtuais cada vez mais sofisticados, designados por e-manutenção. A e-manutenção pode permitir a tomada de decisão da manutenção de forma remota, requerendo para isso, uma relação não só de troca de informação entre clientes e fornecedores, mas também cooperação e negociação, baseadas na partilha de informação, que pode ser complementar ou contraditória (Yu, lung e Panetto, 2003). A área das tecnologias de informação contribui para o sucesso da gestão da manutenção, ao disponibilizar também tecnologias de monitorização da condição. Estando orientada para a optimização dos resultados das acções e decisões nos níveis táticos e operacionais, as tecnologias de informação contribuem largamente para a eficiência da gestão da manutenção.

Actualmente, existe uma série de funcionalidades essenciais que a área das tecnologias de informação deve incorporar nas ferramentas a fornecer à gestão da manutenção e tipicamente, os sistemas informáticos de gestão da manutenção apresentam essas funcionalidades agrupadas em subsistemas ou módulos de actividades relacionadas, que Cato e Mobley (2002) listaram:

1. Manutenção e registo de equipamento/recurso;
2. Lista de materiais e do equipamento/recurso;
3. Histórico de ordens de trabalho do equipamento/recurso;
4. Gestão de stocks;
5. Criação de ordem de trabalho, calendarização, execução e conclusão;

6. Criação do plano de manutenção preventiva e calendarização;
7. Recursos humanos;
8. Comprar e receber;
9. Facturas pagáveis e acerto de contas;
10. Tabelas e relatórios.

Deve no entanto existir a consciência de que o mero processo de desenvolver e identificar estas actividades e instalar um sistema informático de gestão da manutenção, não torna por si só, *a priori*, a gestão da manutenção mais pró-activa. Uma abordagem mais produtiva visa a utilização dos já referidos módulos, que normalmente são projectados para uma função fechada e de âmbito restrito, como entidades de interacção durante o processo de tomada de decisão. Esta visão integradora do sistema informático de gestão da manutenção apresenta potencial para permitir que esta ferramenta cumpra várias funções:

- *Captura e processamento da informação*

Somente a informação codificada pode ser acedida e processada electronicamente. A informação descritiva, informação não classificada e codificada de acordo com os critérios definidos, não é relevante como indicador ou medida de comparação. Para que tal se verifique, a organização terá que aprender a codificar/tipificar a informação relevante para a gestão da manutenção, tal como causas da falha, os tipos de trabalho da manutenção, os recursos físicos, a estrutura técnica da empresa, os recursos da manutenção, etc. Esta colecta de informação passa também por receber informação on-line directamente de sistemas automatizados ou de equipamentos de monitorização de condição. Tal irá facilitar o avanço de estratégias convencionais de manutenção para outras mais pró-activas, em que as acções são mais previsíveis e planeadas. Para este objectivo, a organização terá de compreender e conhecer as dependências operacionais entre sistemas, o referencial temporal dos dados da manutenção e informação, as dificuldades de comunicação existentes, a integração da informação entre sistemas da manutenção, e as ferramentas utilizadas no ambiente produtivo (por exemplo, sistemas informáticos de gestão da manutenção, ERP, e PLC).

- *Fornecer apoio à manutenção no nível operacional*

Isto torna-se possível através do tratamento do histórico de dados do ponto de vista das operações da manutenção e através do tratamento e análise de dados em tempo real, sendo que o objectivo vai além de uma mera listagem de eventos. No âmbito do

sistema informático de gestão da manutenção deve procurar-se configurar um sistema especializado baseado na tipificação de sintomas, de falhas e das soluções a adoptar em cada situação. Este tipo de sistema é uma ferramenta crítica para a escolha da melhor opção técnica nos níveis operacional – que requer rápidas soluções e rotinas – e tático, facilitando o diagnóstico e a implementação da acção correctiva.

- *Seguimento de indicadores do desempenho da manutenção*

As prioridades da manutenção devem ser ajustadas e sincronizadas com as restantes funções consideradas críticas e orientadas para os objectivos da organização. A prioridade das actividades da manutenção deve ser definida de acordo com as falhas do equipamento e os objectivos a atingir. Os critérios considerados para a avaliação da criticidade podem ser muito diferentes, tais como o custo directo e indirecto da manutenção, a disponibilidade, e a fiabilidade.

- *Suporte ao planeamento das actividades de manutenção*

Evita a submissão “cega” ao sistema de planeamento, promovendo a gestão casuística e a integração de alertas.

- *Fornece procedimentos de análise das actividades da manutenção*

Promove o *benchmarking* interno e externo. Tal permitirá a implementação de um ciclo de melhoria contínua da manutenção que percorre os três níveis de actividade.

- *Integra o sistema de informação da manutenção dentro do sistema de informação global da empresa*

Isto significa partilha da base de dados para o aprovisionamento, pessoal, imputação de custos, produção, etc., com a correspondente unificação da informação. Além disto, permite a conexão aos restantes sistemas para recolha de informação relevante, originária de outras funções da organização, sendo importante que a plataforma da base de dados dos vários sistemas existentes seja comum, para que não haja repetição de dados relativos ao mesmo objecto.

As tendências de evolução das características funcionais e técnicas nos sistemas informáticos de gestão da manutenção são:

- Integração dos atributos funcionais com sistemas ERP, utilizando soluções standard sempre que possível, soluções integradas em toda a empresa, adaptadas e configuradas para as condições em causa, integração da

manutenção baseada na condição e da manutenção preditiva e integração da e-manutenção.

- Adopção de atributos técnicos TCP/IP/Internet, utilização de tecnologias normalizadas, aplicações cliente/servidor, bases de dados relacionais e assistência on-line personalizada.

A monitorização da condição é o segundo elemento da área das tecnologias de informação na gestão da manutenção moderna. A manutenção preditiva é uma consequência directa da manutenção baseada na condição. Entretanto, a monitorização da condição tem-se tornado cada vez mais uma ferramenta de optimização dos recursos e aumento de fiabilidade do que uma ferramenta de utilização exclusiva da gestão da manutenção (Mobley, 2003). Entre 1998 e 2003, a percentagem de empresas que utiliza estas ferramentas integradas na gestão da manutenção aumentou drasticamente, de 15% para 85% tal como referido nos resultados de uma pesquisa realizada em 1.500 empresas americanas (Mobley, 2003). Entretanto, benefícios mais elevados podem ser obtidos quando a aplicação de metodologias de manutenção preditiva se generaliza. Configurado desse modo, de um sistema para a gestão da manutenção são expectáveis as seguintes vantagens:

- Prevenção de falhas catastróficas ao aumentar a robustez do processo produtivo aumentando a taxa de disponibilidade do equipamento e eliminando os custos de grandes reparações e a probabilidade de incidentes;
- Assegura a execução das actividades planeadas, promove a qualidade das acções correctivas, reduz o número de horas/homem dedicadas à manutenção correctiva e optimiza a gestão de stocks e de peças de reserva;
- Facilita a realização do diagnóstico dos problemas sem necessidade de desmontar o equipamento, o que leva a intervenções mais rápidas. Com isto aumenta também a possibilidade de identificar e eliminar falhas recorrentes;
- Reduz os custos de operação, incluindo o consumo de energia em excesso, reduz o investimento em equipamento redundante de segurança e reduz os custos com seguros.

De acordo com Moubray (1997) e muitos outros peritos, a análise de vibração e a análise do lubrificante representam as técnicas mais eficazes, com resultados mais comprovados e validados para a realização de monitorização da condição em diversos ambientes produtivos. Além destas técnicas podem ainda referir-se outras de utilização menos

generalizada tais como tecnologia ultrassônica, ferrografia, espectrometria, cromatografia, ensaios elétricos de vários tipos (teste de resistências, de impedâncias, teste de Megger, etc.) e outros métodos não-destrutivos (por exemplo: utilizando emissões acústicas, testes de partículas magnéticas, ou ainda, stress residual).

5.5. AS METODOLOGIAS DA ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO

Um conjunto de técnicas constitui esta área de suporte:

- As metodologias RCM desempenham um papel importante nos níveis estratégico e tático, permitindo a definição de programas de manutenção adequados, que garantam o nível de fiabilidade requerido para um dado recurso (por outro lado, o TPM aborda as necessidades da organização no nível operacional, com vista a uma melhoria da eficiência dos recursos produtivos);
- Ferramentas quantitativas que podem ser utilizadas, visando uma optimização da gestão da manutenção;
- Ferramentas estocásticas centradas nas actividades do nível tático, que permitem modelar os modos de falha, abrindo assim o âmbito de aplicação das técnicas quantitativas;
- Outras técnicas de investigação da área de operações e gestão que se centram na optimização da gestão dos recursos da manutenção.

O conjunto das últimas três técnicas é geralmente o mais útil no nível tático do planeamento das actividades de manutenção.

O conjunto destas técnicas é considerado por muitos autores como parte integrante da gestão da manutenção. Wireman (1998) e Campbell (1995) classificam estas técnicas de acordo com a sequência em que são implementadas, mas estas técnicas podem também ser agrupadas de acordo com os diferentes níveis do desenvolvimento da manutenção.

Em Baldin e outros (1988), as técnicas da manutenção são classificadas de acordo com as funções do moderno engenheiro da manutenção, o que se torna interessante, do ponto de vista da análise das funções da engenharia da manutenção. As técnicas são assim agrupadas em três categorias:

1. Técnicas de concepção do sistema da manutenção;
2. Técnicas de execução das actividades e operações da manutenção;

3. Técnicas de controlo e avaliação do desempenho da manutenção.

Esta classificação é similar à dada por Duffuaa, Raouf e Campbell (2000), que dividem as funções de um sistema da manutenção em planeamento, organização e controlo.

As funções da engenharia da manutenção são apresentadas e analisadas nos pontos seguintes.

5.5.1. Definição do plano de manutenção e do processo de melhoria contínua da manutenção

A engenharia da manutenção é na realidade uma função de análise que deve ser desenvolvida de forma sistemática durante as fases preparatórias e de exploração de um equipamento. Consequentemente, as metodologias utilizadas na concepção do plano de manutenção, por exemplo o RCM, contribuem também para a melhoria contínua das actividades de manutenção durante o ciclo de vida do equipamento.

Dentro desta função podemos especificar as seguintes sub-funções:

- *Análise de falhas, análise da fiabilidade e análise de risco da operação do sistema*

As técnicas tais como a análise de efeitos e modos de falha (FMEA), os efeitos dos modos de falha e a análise da sua criticidade (FMECA), a análise de risco e operação (HAZOPS), as árvores de falha, etc., pertencem a esta área. O estudo e análise da fiabilidade do sistema, das falhas, e o estudo do comportamento de um sistema sob situações extremas, que vão além das condições de projecto, fornecem geralmente um conhecimento aprofundado do sistema àqueles que executam esta função. A prática revela que estes estudos são normalmente iterativos porque os avanços nas etapas do estudo fornecem um novo e melhor conhecimento do sistema, que se traduzirá numa nova avaliação. A escolha do método de análise da falha depende em larga escala dos dados técnicos e qualitativos disponíveis. Depende também do âmbito, do grau de detalhe e do horizonte temporal do estudo. Os métodos de análise da falha podem ser classificados de acordo com critérios diferentes:

- *Tipo de raciocínio:* Métodos indutivos e dedutivos. Os métodos indutivos começam o estudo partir de ocorrências específicas em componentes do sistema, procurando concluir quais as suas implicações no sistema global. Os métodos mais comuns usados na indústria incluem a FMEA, a FMECA, a análise HAZOP, a Análise de Markov e a análise da sequência de ocorrências. Por outro lado, os

métodos dedutivos (são exemplos destes métodos a análise da árvore de falhas e a análise da árvore de eventos) começam por definir a ocorrência a estudar ao nível do sistema, continuando depois para o estudo das causas desses eventos (e as causas subsequentes destas), até atingir o grau de detalhe pretendido pelo estudo.

- *Âmbito:* Métodos qualitativos e quantitativos.
- *Objectivo da análise da falha:* Métodos para identificar potenciais riscos e métodos para avaliar a severidade do risco.

É também comum a utilização de metodologias que combinam aspectos de várias destas categorias.

- *Definição do plano de manutenção*

Técnicas como o RCM ajudam aos objectivos desta sub-função. De acordo com Rausand (1998), esta metodologia identifica as funções de um sistema, os modos de falha destas e estabelece, *a priori*, um conjunto de actividades de manutenção preventiva, baseado em critérios de segurança e económicos. De acordo com Campbell e Jardine (2001), o RCM permite especificamente:

- a) Detecção das falhas com a antecedência necessária para garantir a mínima perturbação no sistema produtivo;
- b) Eliminação das causas de algumas falhas antes ainda de elas se manifestarem;
- c) Eliminação das causas de algumas falhas através das mudanças na configuração dos recursos produtivos;
- d) Identificação das falhas, cuja ocorrência não coloca em causa a segurança do sistema.

- *Assegura a participação dos colaboradores na manutenção*

Esta função promove o processo de melhoria contínua, sendo o TPM uma metodologia a considerar neste âmbito. O TPM foi definido formalmente como uma metodologia em 1971 pelo *Japan Institute of Plant Engineers* (JIPE, que antecedeu o *Japan Institute of Plant Maintenance*) e apoia a implementação de actividades produtivas da manutenção (realização de actividades de manutenção preventiva, manutenção centrada na fiabilidade ou actividades de melhoria da manutibilidade, orientadas por critérios de eficiência económica). O TPM promove o conceito de

previsão da falha e promove a participação activa dos colaboradores da produção nas tarefas da manutenção dos recursos produtivos, através do desempenho da manutenção de primeiro nível, em vez do trabalho isolado do pessoal da manutenção, e em processos de melhoria continua. O objectivo do TPM não é só as “zero avarias”, mas também “zero defeitos” na produção, ou seja, uma completa optimização do funcionamento dos equipamentos. Na realidade, o TPM transformou muitas actividades preventivas convencionais em actividades baseadas na condição e aplicou técnicas para promover a comunicação entre funções e a participação e motivação do pessoal para reduzir os tempos de paragem e as interrupções no processo produtivo.

- *Gestão dos recursos da manutenção*

Esta função aborda a utilização de técnicas específicas para selecção dos melhores recursos, para planear a melhor forma de os utilizar, e para fazer o controlo posterior da sua utilização. Para o cálculo do número óptimo de técnicos a seleccionar por especialidade para o dimensionamento da equipa de manutenção, Shenoy e Bhadury (1998), utilizaram a teoria das Filas de Espera, quando o objectivo é minimizar tempos de indisponibilidade do equipamento e o custo com mão-de-obra. A simulação de Monte Carlo também é mencionada frequentemente por alguns autores para esta finalidade. As técnicas mais utilizadas para a resolução de problemas relacionados com o dimensionamento e gestão de stocks de materiais são listados por Shenoy e Bhadury (1998):

- *Modelos Probabilísticos de stock:* A complexidade da aplicação ao problema na área da manutenção reside no facto de nem a procura, nem os aprovisionamentos serem constantes.
- *Políticas selectivas do controlo em conjunto com algumas heurísticas:* O princípio aqui é usar um conjunto de procedimentos para classificar artigos em classes baseados nas suas características comuns. Na base do controlo selectivo podem mencionar-se metodologias como a análise ABC (regra de Pareto), análise FSN (*Fast, Slow and Non moving*) e a análise SDE (*Scarce, Difficult, and Easy to procure*). Estas técnicas, por seu turno, levam à adopção de heurísticas adequadas.
- *Planeamento de necessidades de materiais/Planeamento de necessidades de produção (MRP/MRP II) aplicado à manutenção:* No âmbito das actividades de

manutenção, esta técnica é aplicada na maior parte das vezes no processo de aprovisionamento de peças de reposição para manutenção programada.

Além da necessidade efectiva de controlar recursos materiais e humanos, a função da manutenção tem sofrido recentemente uma evolução, no sentido do estabelecimento de níveis muito elevados de relacionamentos contratuais. Isto pode ser explicado como uma consequência natural de:

- Um aumento dos requisitos ao nível das competências e tecnologias necessárias para a realização de determinadas tarefas da manutenção;
- Uma alteração de política, que passou a focar todo o processo no cliente;
- Uma pressão económica natural de rentabilizar ao máximo os recursos.

A gestão de contratos de manutenção requer um processo e uma estrutura, e a norma ENV-13269:2001 (2001), relativa a relações contratuais de manutenção, fornece indicações de como o conseguir. Nesta norma, o gestor de manutenção encontra os processos a ser seguidos pelas partes envolvidas antes e depois da assinatura do contrato e uma estrutura adequada á definição de um contrato de manutenção genérico.

5.5.2. Optimização da política de manutenção

Nas últimas cinco décadas verificou-se um rápido crescimento na utilização de técnicas estatísticas e de pesquisa operacional que têm dado grande apoio a gestores, engenheiros e todos os que procuram otimizar as políticas de manutenção (Ben-Daya, Duffuaa e Raouf, 2000), pelo que, estas técnicas devem ser analisadas detalhadamente dentro do âmbito mais alargado da engenharia da manutenção, propondo-se a sua classificação da seguinte forma:

- Análise e preparação de dados sobre a fiabilidade e disponibilidade do sistema

Na gestão da manutenção duas categorias de dados são necessárias: taxas de falhas (em função do tempo) e o rácio entre tempos de reparações e tempo dedicado a manutenção preventiva. Os dados podem ter origens diversas:

- Bases de dados e outros registos públicos;
- Dados históricos relativos ao desempenho;
- Avaliações especializadas;
- Ensaaios em laboratório.

- *Qualidade dos dados*

No que diz respeito às bases de dados de fiabilidade, enquanto fonte de informação, muito há ainda a fazer no sentido de melhorar a qualidade dos dados disponíveis nestas bases. Além aos materiais utilizados, da concepção e tratamento de superfície, a fiabilidade está frequentemente dependente de outros factores ambientais e operacionais. Enquanto estes factores não são especificados em literatura da área, bases de dados especializadas como a OREDA (1992) fornecem dados para os tempos de reparo e os modos de falha diferentes. Na melhor das hipóteses, os dados fornecidos são valores médios com determinados níveis de confiança. Além disso, a maioria das origens deste tipo de dados apenas apresentam taxas de falha fixas.

- *Ensaaios de laboratório*

Os ensaios em laboratório são realizados geralmente por engenheiros com o objectivo de estimar a distribuição $F(t)$ do tempo de vida útil para um dado componente de um sistema. Nestes casos, n unidades são sujeitas a ciclos de accionamento e as suas vidas registadas para obter uma série de dados completa, mas por vezes, devido a razões económicas, ou ao período de análise considerado, obtêm-se séries de dados incompletas. Em muitos laboratórios, este tipo de testes não está disponível ou representa custos que não estão ao alcance dos responsáveis pelas decisões de manutenção. O processo de simulação dos dados reais tem que ser correctamente seleccionado para assegurar que os dados representam o mesmo modo de falha que se verificaria em condições normais de operação em ambiente real, pelo que devem ser sempre revistos para garantir essa condição. Nos casos onde as acções preventivas ainda não foram realizadas e existem bastantes dados disponíveis para um dado modo de falha sob análise, frequentemente é útil usar uma “estimativa natural” da taxa de falhas dividindo o intervalo de tempo em unidades discretas do tempo como explicado por Hoyland e Rausand (1995). Quando se pretende analisar uma estratégia existente de manutenção preventiva com vista à sua alteração, torna-se mais difícil obter através do histórico de dados, informação relativa à função distribuição do modo de falha em causa. Isto deve-se ao facto de a adopção de políticas de manutenção preventiva poderem afectar a taxa de distribuição de taxas de falha.

- *Análise e preparação de dados financeiros da manutenção do sistema*

Além aos dados históricos de ocorrência de falhas ou dados relativos à fiabilidade do sistema, a informação financeira é necessária para determinar o retorno das estratégias de manutenção consideradas e para determinar as opções a este nível. Para esta finalidade, além do custo directo da manutenção, também os custos de engenharia e os custos das falhas de produção têm de ser considerados de cada vez que uma variável relacionada com a manutenção é avaliada. Por exemplo, uma dada estratégia de manutenção preventiva tem associado um custo de trabalho, de aquisição e gestão de peças de substituição, de ferramentas, de sistemas de informação, e de recursos humanos para suportar esta estratégia, mas ao mesmo tempo, a manutenção preventiva requer um tempo de paragem do equipamento, da linha ou da unidade produtiva com a possibilidade de existir um custo associado à produção perdida. Implicações de segurança e/ou implicações ambientais também devem ser consideradas no custo de manutenção do equipamento.

- *Modelação de sistemas para otimizar a política de manutenção*

O processo integrado para a utilização de modelos de optimização na manutenção foi objecto de estudo por alguns autores que descrevem os aspectos necessários a ter em conta na modelação científica e exaustiva de um problema de manutenção. Estes aspectos a considerar são:

1. Descrição do problema e objectivo do estudo;
2. Definição e enumeração dos dados necessários à realização do estudo;
3. Concepção dos sistemas para a obtenção dos dados (se necessário);
4. Preparação dos dados e da informação para integração nos modelos;
5. *Benchmark* dos dados com outras fontes e alternativas;
6. Formulação das políticas apropriadas da manutenção usando os modelos;
7. Explicação ao gestor da manutenção do processo seguido;
8. Discussão dos resultados obtidos com o modelo e análise do retorno obtido com a sua utilização.

Pode ser encontrada uma grande variedade de modelos dedicados à resolução de problemas ou à análise de áreas específicas no âmbito da gestão da manutenção. Campbell e Jardine (2001) identificam estes problemas:

- Determinar os intervalos de tempo ou a idade do equipamento que permitam otimizar a realização da manutenção;

- Determinar a frequência das inspecções e quais os critérios que determinam a realização de manutenção baseada na condição;
- Determinar o dimensionamento de recursos ideal que permita responder aos requisitos da manutenção;
- Definir o ciclo de vida económica de um equipamento estudando as opções “reparar” vs “substituir”.

Os métodos tradicionais utilizados na abordagem a estes problemas são a programação linear e dinâmica, modelos da simulação ou modelos estocásticos. Embora existam muitos contributos que mostram resultados interessantes usando modelos para estas categorias, muito do trabalho realizado apenas tem interesse no campo da matemática como área de estudo, explorando as consequências e os vários cenários da aplicação do modelo (Scarf, 1997). Baker e Christer (1994) sugerem que pouco empenho foi colocado no processo de recolha de dados e na sua adequabilidade ao desenvolvimento ou utilização de modelos matemáticos. Consequentemente, segundo Scarf (1997) existem poucas evidências da aplicação prática de muitos modelos de substituição ou baseados na idade do equipamento (Barlow e Hunter, 1960), ou de modelos de substituição em bloco com ou sem reparações mínimas (Barlow e Proschan, 1965). Ao mesmo tempo, a dificuldade em desenvolver bons modelos de optimização da manutenção tem crescido devido à crescente complexidade dos sistemas industriais modernos.

5.6. A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E COMPORTAMENTAL

Considerando o envolvimento e o papel do ser humano nos processos de avaliação e tomada de decisão, na execução das tarefas práticas de execução, e enquanto elemento que deve ter uma atitude crítica das situações, esta área de suporte é talvez a mais importante. As técnicas a utilizar nesta área irão certamente influenciar todos os três níveis de actividades da manutenção, sendo aqui incluídas as técnicas que podem ajudar a desenvolver competências relacionais. O objecto destas técnicas será o de garantir a maior compatibilidade nos relacionamentos entre os diferentes níveis de actividade e entre funções diferentes dentro da organização, bem como garantir que todos os colaboradores respeitam todos os clientes internos e externos, e os relacionamentos inter-organizacionais são mantidos com seriedade.

Em muitas organizações, a função da gestão da manutenção está centralizada na figura do gestor da manutenção, que é responsável por vários aspectos desde a manutenção

ao apoio do processo produtivo, estando muitos serviços aqui centralizados (por exemplo, a gestão de peças de reserva e outros materiais é com frequência feita num único stock central). É suposto que este sistema de manutenção garanta o controlo das políticas, dos procedimentos, do sistema, da qualidade, e da formação contínua, existindo a expectativa de que estaria assim garantida a optimização da eficiência na utilização dos recursos da manutenção. No entanto, existe uma grande desvantagem, que é a falta de flexibilidade, que se manifesta de várias formas: *time to market*, rigidez, falta de conhecimento do equipamento específico, insatisfação do cliente, foco na eficácia e não na eficiência, etc. (Campbell, 1995).

Na última década, a competição global transformou esta concepção de gestão centralizada mais clássica. Os gestores de produto foram assumindo gradualmente mais responsabilidade na gestão de diferentes áreas da produção, promovendo a descentralização do processo de tomada de decisão, concedendo mais atribuições a certas funções, principalmente as ligadas à produção directamente. Este movimento de descentralização tem levado a manutenção da “oficina” para o centro das operações e tem-se revelado um processo eficaz de melhorar a comunicação e a coordenação particularmente em ambientes tecnologicamente mais complexos (Swanson, 1997).

No entanto, não se pode considerar a descentralização como a solução para todos os problemas. De facto, com a total descentralização, é fácil perder-se noção do cenário e ambiente organizacional global em que a manutenção se insere e para os objectivos do qual contribui. Segundo Campbell (1995), não há uma estrutura ideal de organização da manutenção, mas sim estratégias que podem ser eficazes ou não quando aplicadas em determinadas situações específicas.

Em todo o caso, de acordo com a nova tendência de descentralização da manutenção, a própria organização da manutenção necessita ser muito flexível, devendo facilmente ajustar-se a uma solução híbrida ou mesmo assumindo uma alternância centralização/descentralização, adequada às circunstâncias, e, em simultâneo, desenvolver capacidades para interagir com outras funções da organização ou mesmo com outras entidades exteriores (ver a tabela 4).

Algumas técnicas que promovem a flexibilidade dentro da organização da manutenção são dadas pelo *Japan Institute of Plant Maintenance*. Esta entidade apresenta, por exemplo, técnicas para ter recursos humanos polivalentes ao nível de competências, ao agrupar as acções executadas pela manutenção em módulos de

competências/especialidades, adequadas às características dos técnicos e promovendo também em simultâneo uma adequabilidade destas últimas às necessidades identificadas, através de formação orientada aos objectivos da função manutenção. Desta forma cria-se um ciclo de melhoria contínua, em que a formação de competências dos técnicos é impulsionada pelas actividades da manutenção e vice-versa. Outra técnica é a adopção de pequenas equipas de trabalho com o objectivo de fomentar um melhor ambiente de trabalho, mais motivação, etc., o que funciona como condição facilitadora da melhoria das potencialidades técnicas dos membros destas equipas.

O trabalho de equipa conduz ainda a uma comunicação mais directa entre grupos funcionais diferentes. Por exemplo, duas actividades da manutenção que revelaram bons resultados quando executadas por equipas dedicadas são as actividades com vista à melhoria da manutibilidade e as actividades de manutenção preventiva.

Outra técnica proposta como apoio à comunicação e que funciona como elemento facilitador da coordenação entre diferentes funções é a utilização de tecnologias avançadas de tratamento de dados tais como CMMS e a sua integração com sistemas de ERP.

Mas as competências relacionais não são confinadas aos limites de uma organização, e as relações cliente/fornecedor evoluíram para um conceito designado de “destino comum”, em que todos, desde fornecedores de matéria-prima a distribuidores locais e fornecedores diversos da cadeia de fornecimentos comungam de um destino comum conjugando esforços, tempo, e principalmente confiança em que os outros parceiros fazem a sua parte e farão do projecto um sucesso duradouro. Por exemplo, no caso de produtos com elevado nível de personalização, o consumidor está numa posição mais isolada, mas tal significa que tem a responsabilidade de passar a informação crítica e dedicar algum tempo a dar as necessárias instruções e especificações ao fornecedor, a fim de obter o produto ou serviço mais próximo do pretendido.

Ao nível das competências relacionais, o pessoal da gestão da manutenção e todo o pessoal integrado numa empresa moderna de produção terão que desenvolver técnicas e processos que os ajudem a realizar os seguintes objectivos:

- *Manter um relacionamento próximo com os fabricantes de equipamento original e com os instaladores do equipamento na empresa.* O trabalho em equipas transversais

e a partilha de informação relevante é importante para a garantia ou mesmo melhoria da fiabilidade e manutibilidade do equipamento ao longo do tempo de operação, bem como para criar uma ferramenta de suporte à manutenção dos recursos produtivos (aqui, devem obviamente entrar todas as actividades da e-manutenção). Estes aspectos organizacionais combinados levam à eficácia pretendida do equipamento.

- *Compreender e responder às necessidades do cliente.* Os departamentos de manutenção têm de estar cientes da possibilidade de existirem reclamações externas ou devoluções de clientes causadas por não conformidades, por sua responsabilidade, seja como resultado de uma má estratégia de manutenção ou de uma acção imprópria de manutenção em algum equipamento do processo produtivo. A alteração de tolerâncias em máquinas do processo produtivo é um exemplo típico. O departamento da manutenção e as suas acções terão de ser considerados no âmbito de auditorias à qualidade do produto e ser responsabilizado pela execução das necessárias acções correctivas para evitar problemas relacionados com a qualidade.
- *Ter uma perspectiva estratégica do outsourcing da manutenção, desenvolvendo uma estrutura para a selecção da estratégia apropriada a adoptar em cada situação particular.* Em muitos casos, mostrou-se que assegurar os necessários *inputs* da parte do cliente é um factor chave para o sucesso. Não obstante, deve ser desenvolvida uma estratégia alternativa ao *outsourcing*, tal como o *outsourcing* selectivo ou apenas a subcontratação de tarefas específicas (Hui, Tsang, 2004), que são políticas presentes em organizações modernas.

A Tabela 5 resume os elementos que devem constar de um modelo de gestão da manutenção. Nesta tabela incluem-se os processos (acções) e a estrutura para orientação da gestão. Os processos de gestão da manutenção são processos cíclicos, em que cada iteração deve ser aproveitada para promover a melhoria contínua.

O Processo e a estrutura da Gestão da Manutenção

O Processo de Gestão da Manutenção – os vários níveis de acção	Estratégico	Do plano de negócios ao plano da manutenção, definição das prioridades da manutenção. Controlo e acção – ciclo iterativo.
	Táctico	Do plano de manutenção à selecção dos recursos e planeamento das actividades. Controlo e acção – ciclo iterativo.
	Operacional	Execução das actividades e registo de dados. Controlo e acção – ciclo iterativo.
A estrutura da Gestão da Manutenção – Elementos que permitem a operacionalização das acções	Tecnologias de Informação	CMMS, e-manutenção, tecnologias de monitorização da condição
	Metodologias da Engenharia da Manutenção	RCM, TPM, análise de dados de fiabilidade, modelos de optimização da política de manutenção, técnicas de investigação das operações/gestão
	Metodologias de organização e comportamentais	Técnicas de gestão relacional, motivação, envolvimento dos colaboradores, etc.

Tabela 5 - Processo e estrutura da gestão da manutenção (Márquez e Gupta, 2005)

6. Definição do modelo de gestão dos recursos produtivos de uma empresa multimunicipal de Saneamento

Ao longo do presente trabalho, foi já caracterizado o contexto em que a SIMRIA actua, as suas especificidades, e quais os focos que condicionam a sua actividade a partir do exterior, como sejam o contexto sectorial, as políticas estatais para o sector, a intervenção da entidade reguladora ou a integração no grupo AdP. Foram ainda apresentados quais os factores internos que podem influenciar a tomada de decisão e foi caracterizado o ambiente produtivo e a função manutenção na SIMRIA, prévia à definição e implementação do modelo. Ao nível da área da gestão da manutenção, foi feito um resumo das várias dimensões a considerar, e quais as técnicas e metodologias mais significativas e comprovadas, a considerar em cada uma delas.

Chegamos então a um ponto em que, tendo sido elencados os factores que condicionam a definição do modelo, bem como as técnicas a considerar e incluir na sua elaboração, já será possível partir para a definição do modelo de gestão dos recursos produtivos de uma empresa multimunicipal de saneamento conforme o desígnio proposto inicialmente.

O modelo a propor (Fig. 10) contempla uma estrutura bastante semelhante à proposta por Hassanain, Froese e Vanier (2001), através da implementação de várias etapas sequenciais:

1. *Organização do parque de equipamentos* – É uma tarefa prévia à gestão propriamente dita dos recursos produtivos. Importa nesta fase, listar e organizar de forma sistemática os equipamentos, tornando assim evidente quais os equipamentos a ser objecto de gestão em cada momento e quais as suas características;
2. *Definição de Objectivos* – A realização de qualquer acto de gestão deve ser orientada por metas definidas previamente, em linha com os objectivos estratégicos organizacionais. A eficácia da estratégia adoptada poderá posteriormente ser verificar pelo grau de cumprimento dos objectivos traçados inicialmente;

3. *Definição dos tipos de manutenção a adoptar a cada recurso* – Existem diversos tipos de acções de manutenção, com objectivos e pressupostos diferentes, passíveis de aplicação sob determinadas circunstâncias e em determinados contextos. Neste ponto assume especial relevância a definição de prioridades em função da criticidade do recurso produtivo;
4. *Planeamento, programação e execução* – Após estarem referenciados os objectos de manutenção, definidos os objectivos e a política de manutenção, torna-se necessário realizar as intervenções definidas, sendo necessário para tal identificar as acções concretas, a sua oportunidade, os recursos a utilizar e procedimentos específicos a seguir;
5. *Controlo e Acção* – Verificação dos resultados obtidos, comparação com os objectivos pretendidos, definição e implementação de acções correctivas e ajuste das metas.

A adopção destas várias etapas, garante o envolvimento dos vários níveis de decisão, estratégico, tático e operacional, conforme a responsabilidade e natureza das actividades incluídas em cada uma, como poderemos ver nos pontos seguintes.

Mas existem mais variáveis a considerar, nomeadamente factores de contexto externo, que podem influenciar o processo de tomada de decisão, como sejam as políticas estatais para o sector, nomeadamente através do PEAASAR II, as directrizes do grupo AdP, que, como vimos detém a maioria do capital social da SIMRIA, ou a influência das decisões e recomendações do IRAR, que detém a competência de entidade reguladora do sector.

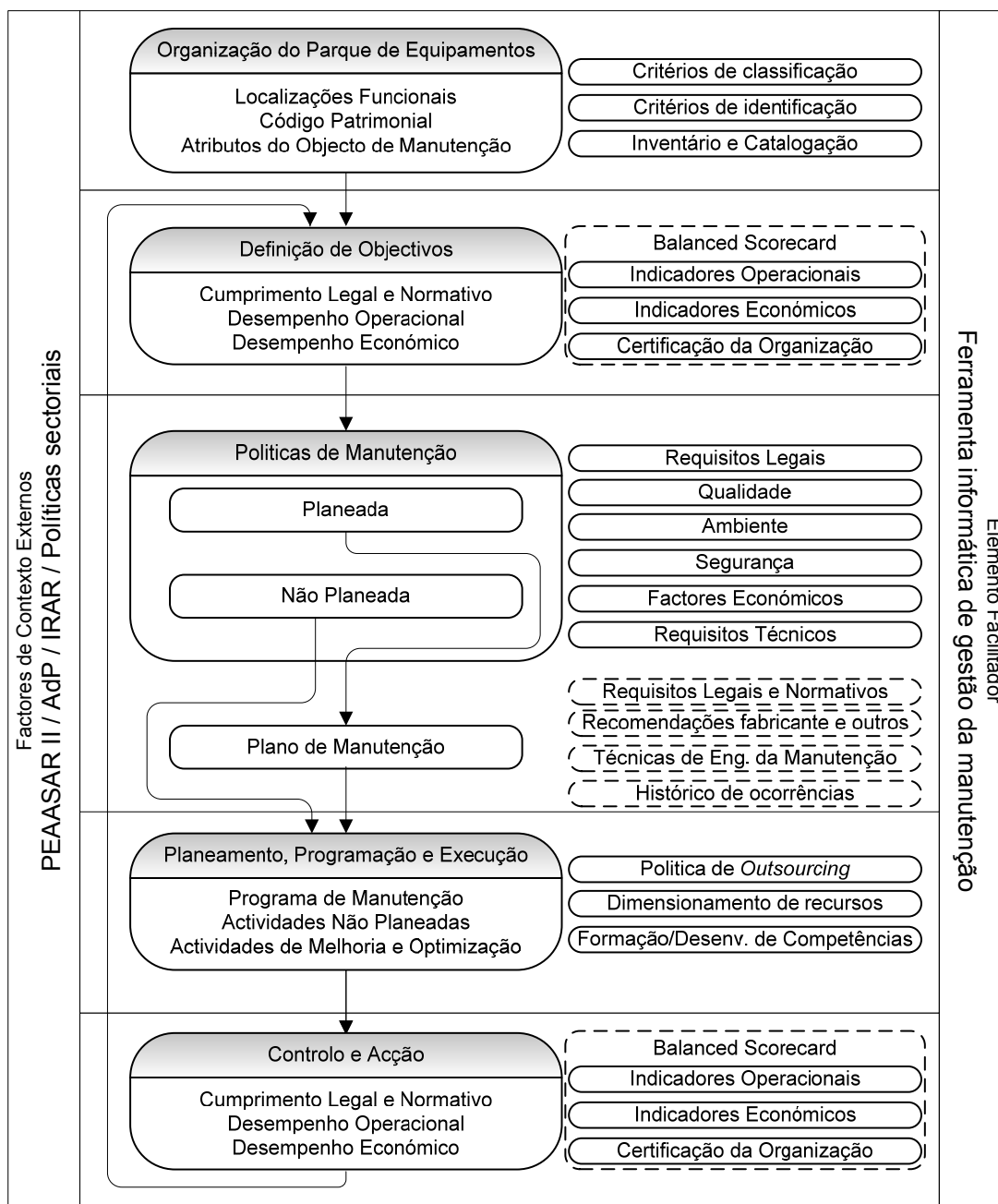


Fig. 10- Proposta de modelo de gestão dos recursos produtivos de uma empresa multimunicipal de saneamento

6.1. ORGANIZAÇÃO DO PARQUE DE OBJECTOS DE MANUTENÇÃO

A maior parte dos autores ignora esta etapa por assumir que, se é atingida uma fase em que se pretende gerir a manutenção, então, a organização do parque de equipamentos, por se tratar de uma actividade de organização estruturante, já terá sido garantida. Tal nem sempre é verdade, e no caso de uma empresa como a que está em estudo, esta actividade não foi realizada previamente. Mas existe ainda outro motivo para a integração desta etapa como a primeira de um processo iterativo de gestão dos recursos produtivos,

e que é o facto de se tratar de um ambiente produtivo bastante dinâmico, em que também ao nível dos recursos produtivos existem frequentes mudanças, seja por abate de equipamentos, aquisição de novos ou alterações de localizações. Por este motivo, o perfil do inventário e da listagem de itens a considerar como objecto de gestão da manutenção vai sofrendo mudanças, devendo estar actualizado a todo o momento. A actualização permanente da listagem de objectos de manutenção será a base que permitirá que, conseqüentemente, os programas de manutenção definidos sejam também actualizados.

A organização e codificação do parque de objectos de manutenção são um domínio essencial num sistema de manutenção. Esta organização assenta normalmente em duas identificações distintas: o código patrimonial e a localização funcional.

O código patrimonial aborda o objecto numa perspectiva física, pela sua individualidade, autonomia e pelo facto de mudar de localização ou ser adquirido, reparado, abatido e possuir valor de investimento. Não existe um formato pré-definido como mais favorável para este código, sendo a única regra, que não pode ser repetido nunca, pelo que, com frequência é adoptado um número sequencial simples.

A localização funcional determina a função do objecto na instalação (por exemplo, grupo de bombagem, sistema de ar comprimido, gerador de emergência, etc.). Trata-se de uma abordagem numa perspectiva lógica e funcional, numa determinada cadeia operacional (processo produtivo) e, no caso de uma empresa multimunicipal de saneamento, em que existem funções que se repetem em várias instalações, em locais diferentes, também geográfico, independentemente da entidade patrimonial que lá esteja. O referencial funcional é como um mapa do sistema, representando as várias funções a ser asseguradas, enquanto o item patrimonial são os objectos concretos do património, independentemente de onde estão alocados funcionalmente. Apresenta-se muitas vezes como um código alfanumérico com uma estrutura lógica através da representação dos vários níveis de localização, que permite uma interpretação intuitiva do seu significado. Na Tabela 6, é apresentada uma proposta de norma de codificação de localizações funcionais, para a SIMRIA, em que o código parte de uma localização macro, ao nível da localização geográfica no sistema, até chegar a um nível micro, da função dentro de uma instalação.

Localização no Sistema 2 dígitos		Tipo de Instalação 2 dígitos		Identificação da Instalação 3 dígitos		Tipo de Equipamento 3 dígitos		Nº sequencial dentro da Instalação 2 dígitos	
IN	Interceptor Norte	EE	Estação Elevatória	001		GBS	Grupo Bomba Submersível	01	A atribuir no sentido do fluxo de efluente. Exemplo: caudalímetro de entrada será o 01 e o de saída o 02
IG	Interceptor Geral	PE	Ponto de Entrada	002		GER	Grupo Gerador de Emergência	02	
IV	Interceptor Vouga	CC	Câmara de Carga	003		CMP	Sistema de Ar Comprimido	03	
IS	Interceptor Sul	VA	Válvula Anelar	004		DES	Sistema de Desodorização	04	
ES	Emissário Submarino	RA	RAC	005		AGS	Electroagitador Submersível	05	
EC	Emissário Complementar	RR	RRAA	006		TAM	Tamizador	06	
EL	Emissário do Levira	ET	ETAR	007		RAC	Reservatório Hidropneumático	07	
(...)		(...)		008		CHP	Central Hidroressora	08	
				(...)		VAN	Válvula Anelar	(...)	
				007		CDL	Caudalímetro		
				008		NIV	Medidores de Nível		
				009		H2S	Medidores de H2S		
				010		pH0	Medidores de pH		
				011		RX0	Medidores de RX		
				017		pHR	Medidores de pH/RX		
				018		TUR	Medidores de Turbidez		
				14.1		CLO	Medidores de Cloritos		
				11.2		MAN	Manómetros		
				00J	EE S. Jacinto	BAL	Balanças		
				(...)		TPR	Medidores de Temperatura		
				0FV	Forca Vouga	PT0	Posto de Transformação		
				00B	Sá Barrocas	COM	Condensadores		
				ESM	EE Esmoriz	0AC	Ar Condicionado		
				0FL	Floresta	CAR	Eq. de Elev./Mov. de Cargas		
				00A	Olho D'Água	(...)			
				0VU	Vulcano				
				0EA	Estrela Azul				
				TRA	TRAOG				
				(...)					

Tabela 6 - Proposta de norma de codificação funcional para a SIMRIA

Utilizando a norma apresentada, por exemplo, IVEE002GBS01 será o grupo de bombagem submersível numero 1 da estação elevatória V2 e IGEE001CDL02, será o medidor de caudal de saída da estação elevatória IG1. A proposta apresentada foi já testada de forma iterativa, procurando assegurar a integração de todos os objectos de manutenção a considerar (Cabral, 2004), tendo sido verificada a sua adequabilidade. Acresce ainda que, quando colocados perante a norma de codificação funcional apresentada, e uma listagem de exemplos, os colaboradores da manutenção, rapidamente demonstraram facilidade em apreender a sua lógica e de forma intuitiva identificaram as localizações dos equipamentos que lhes foram apresentadas.

A relação entre o conjunto dos códigos patrimoniais e o conjunto dos itens de cadastro é unívoca, devendo existir, portanto, um código patrimonial por cada item de cadastro.

Por cada item patrimonial deve ser garantida a manutenção de uma ficha de equipamento, vulgarmente chamada de “bilhete de identidade”, onde constam os seus atributos mais relevantes que é criada aquando da aquisição do objecto e se mantém activa, enquanto o equipamento também o estiver. Nunca haverá duas fichas iguais, já que o conjunto de atributos considerados nunca será o mesmo. Basta que constem a marca, modelo, nº de série e ano de fabrico, para garantir que não existem dois iguais, mas normalmente, além destas, existe uma série de características que constam destes documentos (Cabral, 2004). Como as características relevantes variam com o tipo de objecto considerado, é deve ser considerado um modelo de ficha para cada tipo de equipamento.

Os modernos sistemas de produção são cada vez mais complexos e integrados. Neste ambiente, as relações causa e efeito são difíceis de determinar devido ao seu âmbito, ao facto de não se revelarem imediatamente ou simplesmente porque não são repetitivas. Estes factos têm de ser considerados no processo de análise das falhas funcionais dos equipamentos. Para tal, é necessário descrever os diferentes componentes da estrutura do equipamento, as diferentes sub funções e as possíveis causas de falha. A função da manutenção actua sobre as possíveis causas da falha, que se podem encontrar a diferentes níveis de complexidade do sistema ou equipamento, exigindo diferentes tipos de acções, seja ao nível das competências do pessoal que as executa, ao nível dos recursos necessários, ou ao nível do seu impacto no processo produtivo. Por estas razões, torna-se critico definir critérios de desagregação dos equipamentos. Tipicamente, recorre-se a uma solução em que existe o sistema, a que corresponde o objecto de manutenção principal, que desempenha uma função relevante ao nível do processo produtivo, o sub sistema, que corresponde a um item que desempenha uma sub função do sistema, e o componente, que corresponde às várias partes que constituem um sistema ou sub sistema. No caso em estudo, definem-se critérios para a definição de sistema ou sub sistema, que correspondem a diferentes níveis de complexidade de objectos de manutenção:

Sistema:

- Exerce uma função por si só, controlável autonomamente e sem dependência relevante de outro item;
- É considerado o item dominante de uma função, através de função e valor de evidente relevância, quando comparado com os outros componentes que dele façam parte.

Sub sistema:

- O valor do componente considerado é materialmente relevante, sendo determinado o nível de materialidade em 25% do custo do sistema;
- O componente considerado tem uma vida útil diferente do item dominante;
- O componente considerado proporciona benefícios à empresa num modelo/actividade diferente.

6.2. DEFINIÇÃO DE OBJECTIVOS

Para realizar a avaliação do desempenho da manutenção, é necessário definir indicadores. Estes indicadores são definidos ao nível estratégico, e devem estar em linha com os indicadores considerados para a organização, devem concretizar objectivos organizacionais, para os quais a actividade da manutenção deve contribuir. Os objectivos definidos para a função manutenção avaliam (Márquez, 2007):

- O cumprimento legal e normativo aplicável a esta função;
- O seu desempenho operacional e;
- O seu desempenho financeiro.

Na literatura da gestão da manutenção existe um grande número de indicadores teóricos, mas a sua aplicação deve ser cuidadosa e apenas devem ser adoptados indicadores que tenham um propósito concreto de gestão e cujo cálculo seja exequível. O interesse de adoptar determinado indicador deve ser avaliado (Cabral, 2004), considerando se ele será útil para auxílio no processo de tomada de decisão pela gestão, fazer comparações da actividade entre diferentes períodos, avaliar os benefícios de uma política de manutenção, preparar o orçamento da manutenção, ajudar a identificar problemas e ainda de acordo com a facilidade do seu cálculo a partir da informação do dia-a-dia.

Os valores dos objectivos a considerar podem assumir qualquer forma, de valor absoluto ou percentual, de forma a facilitar a comparação em diferentes períodos, mas também de acordo com o tipo de dados disponível, a considerar como base de cálculo. No entanto, os objectivos podem também ter uma classificação apenas de “SIM” ou “NÃO”, como é o caso do cumprimento legal e normativo. De facto, uma empresa como a SIMRIA, certificada nas normas de Qualidade, Ambiente e Segurança, e que tem como um dos grandes objectivos estratégicos assim continuar, tem de garantir que todos os requisitos destes referenciais normativos, bem como toda a legislação aplicável, são considerados e cumpridos no âmbito da sua actividade, e a avaliação destes objectivos é feita apenas como “SIM” ou “NÃO”, não havendo lugar a meios-termos. São exemplo destes objectivos, os seguintes:

- *A SIMRIA dispõe no seu sistema de equipamentos sob pressão (ESP). Está garantido o seu registo e licenciamento junto da DRE – Ministério da Economia, conforme o disposto no D.L. 97/2000, de 25 de Maio?*

- *Foi feita a avaliação de adequabilidade ao serviço dos equipamentos de elevação e movimentação de cargas instalados no sistema da SIMRIA, nos termos do D.L. 50/2005, de 25 de Fevereiro?*
- *A SIMRIA dispõe de uma estrutura documental adequada à sistematização dos procedimentos da sua actividade?*
- *Etc...*

A avaliação do desempenho operacional pode ser agrupada em dois tipos de indicadores: os indirectos, que avaliam a performance dos itens objecto da manutenção e os que avaliam directamente a eficiência da actividade da manutenção, sendo ambos importantes no processo de avaliação das actividades de manutenção.

Nos indicadores indirectos, a responsabilidade da manutenção e a influência da sua acção pode por vezes ser deturpada tornando-se complicado distinguir qual a sua contribuição para o valor do indicador. Tal deve-se ao facto de existirem outros factores, externos à função manutenção, que podem influenciar este desempenho como sejam erros de operação ou decisões conscientes de utilizar os recursos além das suas capacidades ou em circunstâncias inapropriadas. Para despistagem destas situações, torna-se necessário estabelecer termos de comparação com equipamentos similares, verificar e implementar de forma generalizada as melhores práticas existentes e eventualmente utilizar o *benchmarking*.

A medida da eficiência da manutenção e das suas actividades do ponto de vista da exploração, que é o cliente interno daquela função, passa pelo desempenho ao nível da disponibilidade dos recursos, incluindo também aspectos relacionados com a fiabilidade e manutibilidade. No caso de uma empresa multimunicipal de saneamento, e considerando que estes indicadores derivam da estratégia interna da organização, mas que o desempenho da exploração é também avaliado pela entidade reguladora, o IRAR, existem uma série de indicadores que serão mais relevantes ao nível do desempenho operacional. Alguns exemplos:

- *Número de horas de indisponibilidade por grupo de bombagem* – trata-se de um indicador indirecto e resulta do quociente entre o número de horas total de indisponibilidade, excluindo paragens para manutenção programada, de grupos de bombagem e o número total de grupos de bombagem do sistema (normalmente o período de referência é anual). No sector do saneamento, este é um dos indicadores mais valorizados, referindo-se à disponibilidade dos grupos de bombagem, que é a principal actividade de muitas das instalações. Recorde-

se que a actividade de transporte de efluente depois da sua entrega à empresa multimunicipal nos pontos de entrada no sistema, depende fundamentalmente da capacidade de bombagem instalada, que garante o seu transporte entre estações elevatórias até à chegada à ETAR onde será tratado, bem como o seu transporte posterior até ao seu destino final. Também nas ETAR existem processos gravíticos, mas outros em carga, que exigem bombagem. A indisponibilidade de bombagem no transporte de efluente ou no processo de tratamento pode pôr em causa a prestação do serviço, e eventualmente resultar na activação de uma descarga de emergência em cursos de água próximos, com consequências ambientais, bem como o resultado do processo de tratamento. Este indicador é valorizado internamente, mas também faz parte do mapa de indicadores a analisar pelo IRAR, sendo objecto de comparação do desempenho entre as várias empresas do sector.

- *Número total de descargas de emergência* – trata-se de um indicador indirecto, já que a manutenção tem uma quota parte de responsabilidade ao garantir a disponibilidade dos equipamentos, mas o facto de a manutenção cumprir a sua parte não garante que existam falhas, por exemplo, ao nível da operação, que vão comprometer os valores do indicador.
- *Cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva* – é um indicador directo do desempenho da manutenção e calcula-se através do quociente entre o número de intervenções preventivas previstas para um dado período e o número de intervenções efectivamente realizadas. É um indicador utilizado internamente e da sua análise podem resultar, por exemplo, conclusões ao nível do dimensionamento dos recursos.
- *Rácio entre o esforço dedicado a actividades planeadas e o esforço total disponível e rácio entre o esforço dedicado a actividades não planeadas e o esforço total disponível* – a previsibilidade da actividade é um dos factores críticos para o dimensionamento dos meios associados à manutenção, pelo que, estes indicadores permitem ter uma noção de qual a actividade garantida da função manutenção e qual o peso relativo de actividades não planeadas e o seu impacto na carga total da manutenção.
- *Etc...*

À semelhança dos anteriores, os objectivos financeiros têm também por vezes a condição de serem objectivos internos, mas que são simultaneamente tratados pelo IRAR. Trata-se de indicadores de desempenho em que se relaciona a actividade da manutenção com os seus custos, como seja a taxa de cumprimento do orçamento aprovado para a manutenção – quociente entre o total dos custos de manutenção reais e o valor orçamentado para a manutenção – ou o custo de manutenção por metro cúbico de água tratada.

O planeamento estratégico constitui um aspecto importante na definição do sucesso futuro da organização. No entanto, é frequente os objectivos operacionais e a estratégia, bem como os indicadores de desempenho serem incoerentes com a estratégia organizacional, no seu todo ou parcialmente. Uma das formas de ultrapassar esta questão foi adoptada pela SIMRIA e é a utilização do *Balanced Scorecard* (BSC). O BSC é criado e desenvolvido especificamente para uma organização e permite a definição de indicadores de desempenho para as várias áreas funcionais, incluindo a manutenção, assegurando que estão em linha com os objectivos estratégicos da organização. Ao contrário de outras técnicas, que colocam ênfase no controlo, o BSC foca a sua acção na estratégia e na visão organizacional, visando a concretização de metas de desempenho. As metas são definidas para colocar os colaboradores em consonância com a visão estratégica. Os indicadores da manutenção são identificados e as metas estabelecidas, através de um processo participativo, que envolve todas as partes interessadas, internas e externas, da gestão de topo, aos colaboradores-chave da manutenção e aos clientes internos da manutenção, numa perspectiva de interacção de processos. Desta forma, é garantida a integração e contribuição dos indicadores de desempenho da manutenção para os objectivos da organização.

O BSC transpõe a missão e estratégia organizacionais para um conjunto de objectivos e metas, definidos a partir de quatro perspectivas:

1. Financeira;
2. Clientes;
3. Processos internos;
4. Aprendizagem e conhecimento.

Estas perspectivas orientam o foco da gestão no sentido da definição de medidas críticas para o sucesso da organização. A metodologia BSC facilita o desenvolvimento de sistemas de gestão estratégica através da transposição de objectivos estratégicos de longo prazo para acções a realizar no curto prazo.

No caso em estudo, na missão, na visão e no estabelecimento da política de gestão entendidos como pressupostos estratégicos, são reflectidos, a diversos níveis, os compromissos da organização em termos de desenvolvimento sustentável.

Suportado nos valores expressos nestes documentos, é construído o mapa da estratégia, utilizando o BSC, com base no qual foram sistematizados, de uma forma coerente e

articulada. Na Fig. 11 é apresentado o mapa da estratégia da SIMRIA para um dado período temporal.

Para cada uma das quatro perspectivas mencionadas são definidos objectivos estratégicos que identificam os aspectos essenciais para operacionalizar com sucesso a visão estratégica da empresa.

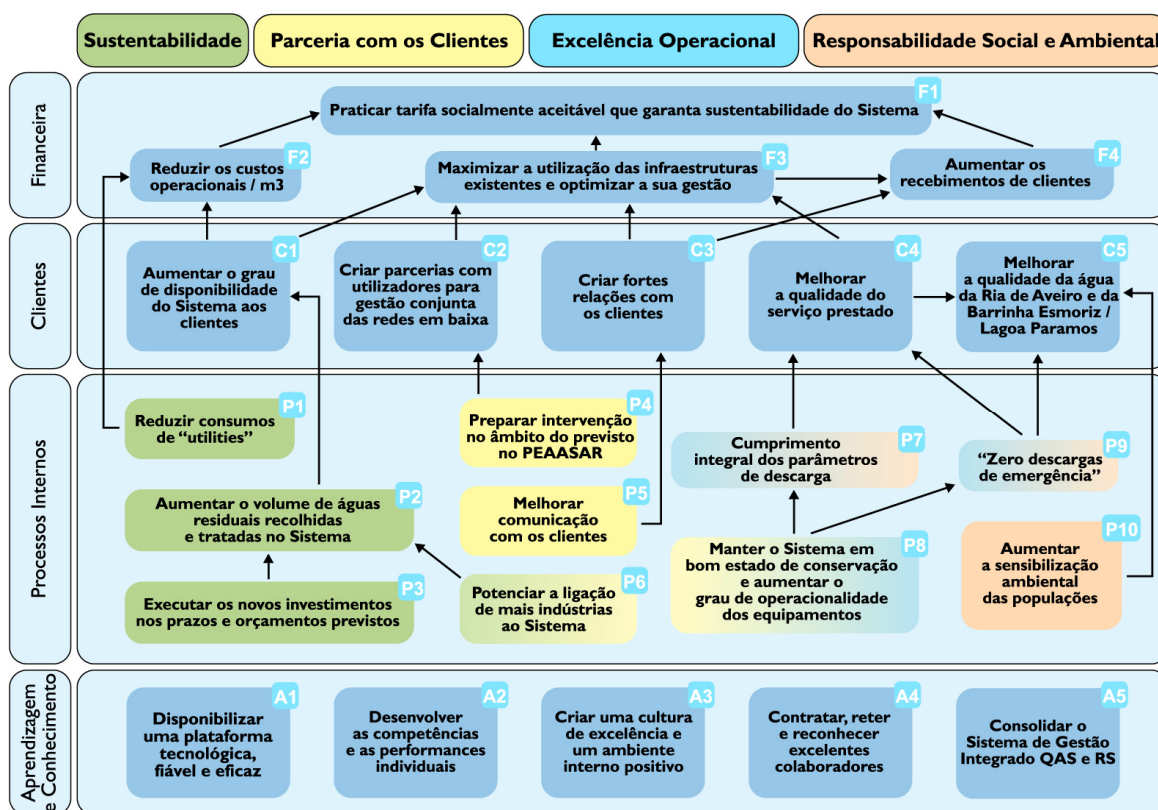


Fig. 11 - Mapa da estratégia da SIMRIA para 2007

Na abordagem ao processo de avaliação de desempenho das operações da manutenção, devem ser seguidas as seguintes etapas, sempre em linha com as orientações estratégicas organizacionais:

1. Formular a estratégia para a função manutenção. Opções estratégicas tais como a opção entre *insourcing* ou *outsourcing*, níveis de autonomia dos colaboradores, desenvolvimento de uma equipa polivalente de manutenção ou a implementação de manutenção preditiva são decisões típicas deste nível;
2. Operacionalizar a estratégia. A estratégia de manutenção é transposta para objectivos de longo-prazo. Identificam-se os indicadores de desempenho relevantes, que são incluídos no BSC e são definidas as suas metas. Estas

medidas devem contemplar um alinhamento com a visão da manutenção e ser definidas através de um processo participativo que deve envolver as várias partes interessadas, nomeadamente a gestão de topo, os colaboradores-chave e os clientes da função manutenção;

3. Desenvolvimento de planos de acção. Constituem os meios de atingir as metas definidas no passo 2, considerando eventuais necessidades de mudança na organização de suporte, tais como a estruturação do trabalho da manutenção, a necessidade de CMMS, sistemas de recompensa por objectivos, etc;
4. Avaliação periódica do desempenho e da estratégia. Constitui a avaliação periódica do progresso realizado ao nível dos objectivos estratégicos através da comparação dos resultados dos indicadores com as metas definidas. Esta avaliação pode resultar na necessidade de reformulação dos objectivos estratégicos, de alterações aos planos de acção e na revisão do *scorecard*.

A escolha dos indicadores de desempenho adequados é um processo de tomada de decisão com grandes implicações. Para potenciar as contribuições positivas que pode ter no sistema de avaliação de desempenho e evitar as negativas, devem ser seguidas as seguintes linhas de orientação:

- O indicador de desempenho deve focar-se na visão para o futuro e não para o passado e para os dados históricos;
- Devem ser utilizados indicadores de desempenho para fornecer *feed-back*, promover a colaboração e a motivação, em vez de ser colocado ênfase no controlo da gestão de topo;
- O indicador deve focar-se no raciocínio sistemático, nas mudanças estruturais e na aprendizagem organizacional, em vez de apenas fixar objectivos sem sentido, promover objectivos de curto prazo ou procurar a identificação de responsáveis a quem atribuir “a culpa”;
- Fazer dos indicadores de desempenho uma estrutura que todos possam entender e que esteja alinhada com os objectivos globais da organização, permitindo a todos o envolvimento activo na melhoria continua.

Se forem consideradas estas linhas de orientação, os indicadores de desempenho serão desenvolvidos para áreas a melhorar. Cada indicador deve ter uma meta de desempenho definida. Tanto o indicador, como a sua meta devem ser específicos, mensuráveis,

atingíveis – com o recurso a um esforço efectivo – realistas e devem ter periodicidades de medição, ainda que com metas intermédias, por forma a ser possível identificar a sua evolução no tempo. A frequência com que um indicador é medido deve ser determinada em função do tempo expectável entre a implementação de uma acção correctiva e a possibilidade de verificação do seu impacto nos resultados do indicador de desempenho.

Na Tabela 7 apresentam-se exemplos da construção do *scorecard* da manutenção de uma empresa multimunicipal de saneamento.

Perspectiva	Objectivo estratégico	Indicador de desempenho	Meta	Acções previstas
Financeira	- Reduzir consumos de “utilities”	- Consumo água EE por m ³ de efluente recolhido - Utilização de energia eléctrica nas EE por m ³ de efluente transportado	< 0,793 l/m ³ <0,263 kwh/m ³	- Instalação de fluxostatos nas 20 instalações com maior consumo de água
Clientes	- Aumentar o grau de disponibilidade do sistema aos clientes	- Numero de descargas de emergência	10% de redução em relação a 2006	Optimizar e configurar os equipamentos electromecânicos das EE's
Processos Internos	- Manter o Sistema em bom estado de conservação e aumentar o grau de operacionalidade dos equipamentos	- Cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva (MP) - Cumprimento do Plano de Verificação de DMM's	> 95% >95%	Realização de contratos de <i>outsourcing</i> de MP Optimizar e configurar os equipamentos electromecânicos das EE's
Aprendizagem e Conhecimento	- Disponibilizar uma plataforma tecnológica fiável e eficaz	- Implementar um CMMS	Implementar o software antes de 31/DEZ/07	Realizar o processo de consulta ao mercado

Tabela 7 - Exemplo de *Sorecard* para empresa de saneamento

6.3. DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO A ADOPTAR A CADA RECURSO

Esta etapa será aquela que representa maior complexidade de análise, devido ao facto de representar uma actividade com uma série de factores a considerar no processo de tomada de decisão, mas também por considerar um vasto conjunto de ferramentas e metodologias alternativas no âmbito da engenharia da manutenção, passíveis de aplicação em cada circunstância, aos recursos produtivos em consideração.

6.3.1. Tipos de manutenção

Tal como já apresentado, uma das definições de manutenção, fornecida pela norma EN 13306:2001, é a de que se trata da combinação de todas as acções técnicas,

administrativas e de gestão realizadas durante o ciclo de vida de um equipamento, com vista a manter ou repor o estado requerido à execução da sua função. Este conceito, desde logo, permite a classificação das acções de manutenção em dois grandes grupos: as acções cujo objectivo é manter as condições de operação de um objecto, e as acções que visam repor estas condições, quando são interrompidas. Na terminologia da manutenção, as primeiras constituem as manutenções preventivas e são planeadas com antecedência e as segundas, as correctivas, e o momento de realização não é passível de ser planeado. Mas além destes tipos de manutenção, existe outro que constitui uma actividade importante da função manutenção de uma organização moderna, em que os ganhos de eficiência podem significar grandes vantagens num mercado cada vez mais dinâmico e competitivo: as acções de melhoria e optimização de equipamentos. Entre este tipo de acções, incluem-se as modificações e alterações feitas nos equipamentos com o objectivo de melhorar o seu desempenho, a sua adequabilidade a situações específicas e a sua actualização por incorporação de novas características (por exemplo, por adopção de automação). Esta área é particularmente realçada pelas metodologias TPM.

A manutenção preventiva é a manutenção realizada em função de intervalos de tempo predeterminados, ou de critérios de degradação estabelecidos, e tem como objectivo reduzir a probabilidade de falha, ou o processo de degradação do funcionamento do equipamento. Trata-se de manutenção planeada:

Manutenção preventiva sistemática – assume que a probabilidade de ocorrência das falhas segue um determinado padrão ao longo do tempo ou dos ciclos de utilização e os trabalhos são planeados com periodicidades predeterminadas, a cada intervalo de tempo fixo ou numero de ciclos, realizando as intervenções definidas independentemente de o equipamento estar em aparente bom estado de funcionamento. É determinante o conhecimento do equipamento e a capacidade de antever o período de tempo que o equipamento funcionará sem falhar;

Manutenção preventiva condicional – recorre a meios de vigilância sistemáticos de parâmetros de diagnóstico, para determinar qual a oportunidade certa para intervir em determinado equipamento antes que ocorra a falha. A medição dos parâmetros definidos, pode ser feita *on-line* ou periodicamente. Enquanto os resultados das medições realizadas ao equipamento não se aproxima dos pontos de falha, não é

realizada a intervenção. Quando os parâmetros analisados atingem os níveis críticos, então é realizada a intervenção. É factor crítico para o sucesso deste tipo de manutenção, a selecção dos recursos e da metodologia utilizada para monitorizar o comportamento do equipamento.

A manutenção correctiva é realizada após a detecção da ocorrência de falha, ou de mau funcionamento do equipamento, surgindo sem aviso prévio e sem que seja possível planear a oportunidade de intervenção pelo gestor. O seu objectivo é repor as normais condições de funcionamento. Pode ser de dois tipos:

Imediata – acções de manutenção que são implementadas o mais rapidamente possível, com vista a corrigir anomalias ou avarias, de consequências inaceitáveis;

Diferida – manutenção que não é imediatamente realizada, após detecção da anomalia, mantendo-se o equipamento a funcionar em modo degradado sob determinadas condições aceitáveis, e definindo-se um momento posterior para a sua realização. É um tipo de manutenção passível de um planeamento limitado, já que, se a ocorrência que a desencadeia não é planeada, já o momento da sua realização, normalmente pode ser enquadrado e decidido, dentro de uma determinada janela temporal aceitável;

Os vários tipos de manutenção apresentados, são implementados através de uma série de actividades de manutenção, que diferem no seu âmbito, objectivo, meios e complexidade. Tipicamente, constituem acções da manutenção:

Inspecções – Verificação da conformidade através de medição, observação ou teste de características relevantes de um equipamento. De um modo geral, a inspecção é realizada antes, durante ou após outra actividade de manutenção, o *teste de conformidade*. Este teste, consiste em verificar se o equipamento cumpre com as especificações definidas para determinados parâmetros;

Monitorização – Actividade desempenhada manualmente ou de forma automática com o objectivo de avaliar o estado actual do equipamento. A monitorização distingue-se da inspecção por avaliar as alterações de parâmetros do equipamento em função do tempo de utilização. A monitorização pode ser continua, periódica, ou a

cada número predeterminado de ciclos de funcionamento e normalmente é realizada com o equipamento em funcionamento;

Manutenção de rotina – Actividades de manutenção básicas, realizadas de forma repetitiva e regular, que normalmente não requerem qualificação, autorização ou ferramentas especiais. São exemplos deste tipo de actividades, limpezas, reapertos de elementos de ligação, verificação de níveis de fluidos, lubrificações, etc;

Revisão – Conjunto abrangente de exames e acções realizadas com o objectivo de manter os níveis de disponibilidade e segurança de operação requeridos para o equipamento. A revisão pode ser realizada em intervalos de tempo predefinidos ou a cada número predeterminado de ciclos de funcionamento e pode ter de ser realizada com o equipamento completa ou parcialmente desmontado;

Recondicionamento – Acção de reparação ou substituição de componentes que se aproximam do fim da sua vida útil e/ou devem ser regularmente substituídos. O objectivo desta acção é o de prolongar a vida útil do equipamento, além do expectável inicialmente. Este tipo de acção distingue-se da revisão, por poder incluir melhorias e/ou modificações:

Melhorias – Combinação de acções técnicas, administrativas e de gestão, visando o *upgrade* do equipamento ou um nível superior de adequabilidade ao serviço, sem alterar a sua função;

Modificação – Combinação de acções técnicas, administrativas e de gestão, com o objectivo de alterar a função do equipamento, para uma nova função requerida.

Reparação – Acção de manutenção com o objectivo de restaurar o funcionamento de um equipamento em avaria. As reparações são constituídas pelas seguintes acções:

Diagnóstico de anomalia – Acção de confirmação da anomalia, identificação do nível de localização da anomalia no equipamento, bem como da sua causa;

Correcção da anomalia – Realizada após o diagnóstico, a correcção é a acção de repor o equipamento num estado em que possa desempenhar a sua função;

Colocação em funcionamento – Acção final de uma reparação, que consiste em verificar que o equipamento está apto a desempenhar a sua função.

6.3.2. A definição de prioridades na manutenção

Existem várias técnicas quantitativas e qualitativas, que procuram, através de abordagens sistemáticas, determinar quais os objectos de manutenção prioritários no âmbito do processo de gestão da manutenção. A definição de prioridades está ligada à definição da criticidade de um equipamento para a organização, que por sua vez é avaliada pelas potenciais consequências em caso de falha. Neste processo de tomada de decisão tem de ser sempre considerada a estratégia da manutenção, que tem de estar alinhada com a estratégia organizacional, embora tenha de haver a consciência da existência de um risco associado a estas decisões.

A maior parte das análises quantitativas utilizam variantes da análise de risco, em que, para cada equipamento, ou conjunto de equipamentos semelhantes, é atribuída uma classificação numérica à probabilidade de ocorrência de uma falha (maior a probabilidade, maior o valor atribuído), e uma classificação ao grau de severidade de uma eventual falha, considerando as consequências da falha a vários níveis (quanto mais graves as consequências, maior o valor atribuído). O produto da multiplicação dos dois valores, resulta no índice de risco do item em análise, sendo que, quanto maior o seu valor, mais crítico será para a organização, sendo prioritário o seu tratamento. Os critérios e os pesos relativos utilizados nesta avaliação de severidade e de probabilidade podem diferir muito em função da empresa considerada, dos objectivos da manutenção e dos indicadores de desempenho relevantes. Na ausência de dados históricos fiáveis, como o caso em estudo, em que se está no ponto de partida da organização da manutenção e não existe um registo de ocorrências sistemático, a organização pode adoptar métodos qualitativos que permitem uma primeira avaliação da prioridade relativa dos objectos de manutenção, como uma forma de iniciar a construção das operações da manutenção. Como primeira abordagem, os equipamentos existentes podem ser tipificados e agrupados em conjuntos homogéneos, considerando as suas características, função e local de instalação. Uma vez definida a prioridade, é necessário determinar a estratégia a seguir para cada categoria de equipamentos. Esta estratégia não será definitiva mas

antes evolutiva, já que constitui um ponto de partida, sofrendo ajustes ao longo do tempo em função de alterações de contexto e da construção de um histórico de ocorrências.

No caso em estudo, preconiza-se uma primeira análise, qualitativa, considerando como objecto, o parque de equipamentos existente, agregado por função no processo produtivo. Este tipo de análise, apoia-se em opiniões, experiência e intuição dos intervenientes no processo, sendo factor crítico, a constituição da equipa de colaboradores integrada no processo, que tem de ser multidisciplinar, garantindo a representação das áreas que podem contribuir para uma decisão mais acertada. Este tipo de análise como ponto de partida, permite uma abordagem simples, mas de fácil compreensão, evoluindo depois, progressivamente para uma análise mais quantitativa, à medida que vai sendo construído um histórico de dados relevante. Segundo Márquez (2007), os métodos qualitativos constituem uma boa aproximação do resultado ideal da avaliação de criticidade, apesar de também apresentarem algumas desvantagens face a uma abordagem quantitativa, desde logo, por estarem sujeitos a algum grau de subjectividade de avaliação e à inexistência de uniformidade de avaliação em diferentes momentos.

Na constituição da equipa para a avaliação da criticidade dos equipamentos do caso em estudo, foram incluídos o responsável ambiental, o responsável de segurança, um representante do núcleo de qualidade total, responsáveis de manutenção das várias áreas com responsabilidades na manutenção e responsáveis de produção. Tal como já mencionado, inicialmente, foi adoptada uma perspectiva mais qualitativa para a avaliação, em que uma série de critérios foi ponderada, sendo que existiam dois grupos de critérios de níveis de avaliação diferentes, sendo os primeiros imperativos e os segundos de desempenho. Nos critérios imperativos, incluem-se os requisitos legais e os requisitos normativos. Nos critérios de desempenho, incluem-se os factores económicos e técnicos.

Nesta fase, os recursos produtivos não são considerados individualmente, mas sim em conjuntos homogéneos com as mesmas características funcionais e de instalação, com os mesmos requisitos técnicos ao nível da manutenção e com a mesma contextualização ao nível do ambiente produtivo. Seguem-se alguns exemplos dos conjuntos de equipamentos considerados:

- Grupos de bombagem da marca X das estações elevatórias;
- Grupos de bombagem da marca Y das estações elevatórias;

- Bombas da linha de lamas da ETAR Norte;
- Medidores de pH e potencial redox de efluentes industriais;
- Medidores de pH e potencial redox de efluentes domésticos;
- Medidores de caudal de facturação;
- Medidores de caudal do processo;
- Sistemas de desodorização por via química;
- Medidores de pH e potencial redox dos sistemas de desodorização por via química;
- Equipamentos de gradagem mecânica das estações elevatórias;
- Sistemas de desodorização por filtro de carvão activado;
- Geradores de emergência;
- Pontes rolantes;
- Diferenciais mono carril;
- (...)

Para cada grupo considerado, são então avaliadas as potenciais consequências de eventuais falhas, utilizando os critérios imperativos: cumprimento da legislação aplicável e dos referenciais normativos de qualidade, ambiente e segurança, e ponderando factores como a redundância dos equipamentos, a taxa de utilização, a existência de requisitos específicos de manutenção na legislação e referenciais normativos ou outro, relevante para o equipamento em causa. Neste âmbito, todos os equipamentos cuja falha seja passível de gerar incumprimentos naqueles referenciais, devem ser considerados como críticos logo neste primeiro nível de avaliação. Seguem-se alguns exemplos deste tipo de equipamentos:

- *Grupos de bombagem da marca X e Y das estações elevatórias* – Críticos ao nível da qualidade de serviço, já que asseguram a função principal das estações elevatórias, que é a elevação de efluente;
- *Medidores de pH e potencial redox de efluentes industriais* – Crítico, porque atendendo aos volumes relativos de efluente com esta proveniência, qualquer variação neste parâmetro pode ter grandes consequências na qualidade do processo de tratamento e consequentemente, no cumprimento dos parâmetros de descarga;
- *Medidores de pH e potencial redox de efluentes domésticos* – Não é crítico, pois o comportamento deste parâmetro, por se tratar da soma de muitas pequenas parcelas de efluente doméstico, tende a ser estável, e mesmo que haja uma

variação numa origem, o seu impacto no conjunto de efluente transportado e tratado, não será relevante;

- *Medidores de caudal de facturação* – crítico, pois o seu controlo constitui metrologia legal;
- *Medidores de pH e potencial redox dos sistemas de desodorização por via química* – Não são críticos. A função destes dispositivos de monitorização e medição (DMM), é medir e controlar a utilização de reagentes nas torres de desodorização, que servem uma função acessória e não critica.

Num segundo nível de critérios são então considerados os factores técnicos e económicos. Neste ponto, é considerada a inclusão num grupo de criticidade de segundo nível, dos equipamentos cuja falha pode potencialmente ter consequências a nível económico e técnico. Constituem exemplos a este nível:

- *Medidores de pH e potencial redox dos sistemas de desodorização por via química* – Críticos. A sua falha pode gerar grandes consumos injustificados de reagentes nas torres de desodorização;
- *Equipamentos de gradagem mecânica* – Críticos. A sua função é realizar tratamento primário do efluente, retirando os sólidos, o que tem consequências positivas ao nível do desgaste em equipamentos a jusante.

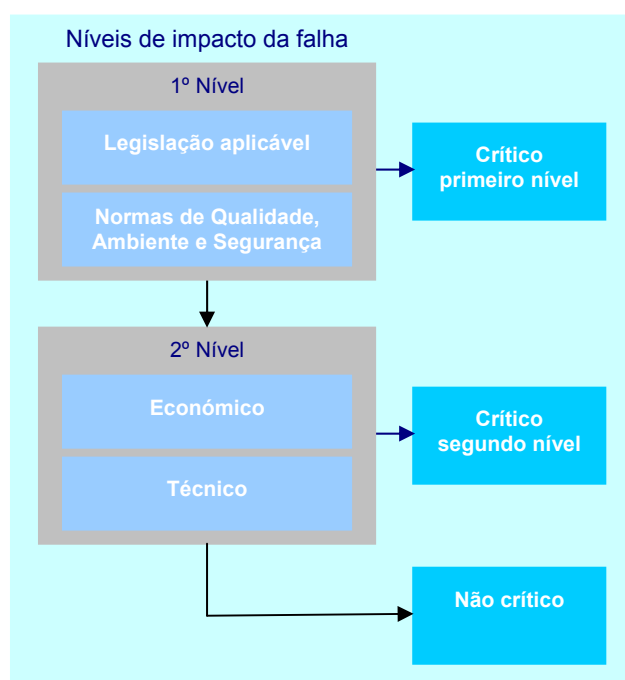


Fig. 12 - Avaliação qualitativa da criticidade

Dentro de cada um destes grupos, a ordenação da prioridade dos equipamentos é feita com base na avaliação da probabilidade de ocorrência de falhas, neste caso, classificada de 1 a 5, sendo que um equipamento que tenha sido considerado crítico logo no primeiro nível dos critérios, será sempre prioritário em relação a qualquer equipamento do segundo nível de criticidade.

O processo de avaliação da criticidade descrito, tem como objectivo a ordenação dos recursos produtivos por ordem de prioridade para as acções de manutenção, constituindo-se no seu início como uma avaliação eminentemente qualitativa. No entanto, os factores que condicionam a avaliação feita alteram-se, numa actividade que é dinâmica, exigindo-se portanto, que a avaliação da criticidade não seja uma análise num dado momento, mas sim um processo contínuo, periodicamente realizado, ou sempre que algum elemento que constitui a equipa de análise, entender que existe nova informação que pode influenciar a tomada de decisão e alterações na avaliação realizada.

Tendencialmente, o processo de avaliação da criticidade deve passar a ser mais quantitativo, à medida que vai sendo construído um histórico de ocorrências, devidamente documentado e relevante para a tomada de decisão. A construção do histórico de ocorrências e o tratamento de dados provenientes da exploração do sistema, constituem ferramentas de apoio à decisão da gestão nas modernas organizações, pelo que o seu *output* deve ser incorporado na avaliação da criticidade a partir do momento em que a informação seja relevante e garanta fiabilidade.

6.3.3. Opções estratégicas

Como consequência da avaliação de criticidade realizada, irão resultar três grandes grupos de equipamentos: os do primeiro nível de criticidade, os do segundo nível de criticidade e os não críticos. A avaliação da probabilidade de ocorrência da falha garante uma ordenação relativa de equipamentos, dentro de cada um dos três grupos de classificação do impacto da falha. Esta classificação permite o desenvolvimento de estratégias de acção adequadas a cada grupo, permitindo uma implementação faseada de acções. As orientações estratégicas definidas com base nesta classificação podem considerar várias linhas de acção. São exemplo de decisões estratégicas possíveis, com base na classificação realizada, as seguintes:

1. Identificação de eventuais situações de incumprimento ao nível dos requisitos legais e normativos, que deverão ser imediatamente regularizados, garantindo a conformidade da organização neste aspecto, independentemente do nível de criticidade dos equipamentos em causa;
2. Definição de acções correctivas imediatas sobre os equipamentos definidos como prioritários. Neste ponto assume especial importância a avaliação do impacto a vários níveis de uma eventual falha de serviço dos equipamentos;
3. Identificação de falhas crónicas ou repetitivas em equipamentos críticos e definição de plano de acções correctivas com o objectivo de eliminar ou minorar a sua ocorrência e o seu impacto na actividade da empresa;
4. Adopção de planos de manutenção preventiva para os equipamentos críticos de primeiro e segundo nível, como forma de reduzir a probabilidade de falha.

Além das acções correctivas e preventivas definidas no nível técnico, a criação num nível superior e transversal à empresa, de planos de emergência e contingência para fazer face às consequências de eventuais falhas, é uma acção que deve também ser executada. Na concepção destes planos é importante considerar a elevada mediatização de problemas de qualidade, segurança e ambiente a que as empresas gestoras de sistemas multimunicipais de saneamento estão sujeitas.

6.3.4. O plano de manutenção

As Normas Portuguesas para a manutenção – PrNP 3704-2/1989 – especificam que, no plano de manutenção, se define com antecedência, a sequência das acções de manutenção a realizar ao longo de um ciclo. A norma EN 13306:2001 vai mais além e define o plano de manutenção como um conjunto estruturado de tarefas, que incluem a definição de actividades, seguimento de procedimentos, dimensionamento de recursos e periodicidades com vista à realização da manutenção.

O presente ponto debruça-se sobre a primeira parte da abordagem da norma EN 13306:2001, a definição de actividades. Esta tarefa é realizada após a definição da política de manutenção a adoptar, o que é feito em função da avaliação realizada da criticidade do recurso produtivo para a organização. A estratégia a seguir passa pela combinação de informação relevante que pode ter várias origens (Fig. 13):

- Requisitos Legais e Normativos, sempre que aplicáveis, com carácter imperativo. Neste ponto é necessário considerar e integrar eventuais acções emergentes de legislação ou de referenciais normativos aplicáveis, nomeadamente procedimentos de segurança ou de protecção ambiental. Constituem exemplos as acções definidas por Instruções Técnicas Complementares referentes a decretos-lei ou acções que constituem metrologia legal;
- Recomendações do fabricante do equipamento, tal como as referidas no manual de operação e manutenção ou outro documento relativo ao equipamento;
- Experiência acumulada e dados históricos, quando já existe informação relativa ao funcionamento e manutenção do recurso em causa ou de outros semelhantes, que permita uma adequação das actividades de manutenção ao seu desempenho e a problemas ou condições já conhecidas;
- Documentação técnica relevante, através do cruzamento de diversa informação, que permite, por exemplo, melhorar e adaptar as recomendações do fabricante, em função das condições de instalação ou de determinada necessidade específica;
- Técnicas de engenharia da manutenção, através da adopção de metodologias como RCM, FMECA, análise de vibrações, termografia ou outras.

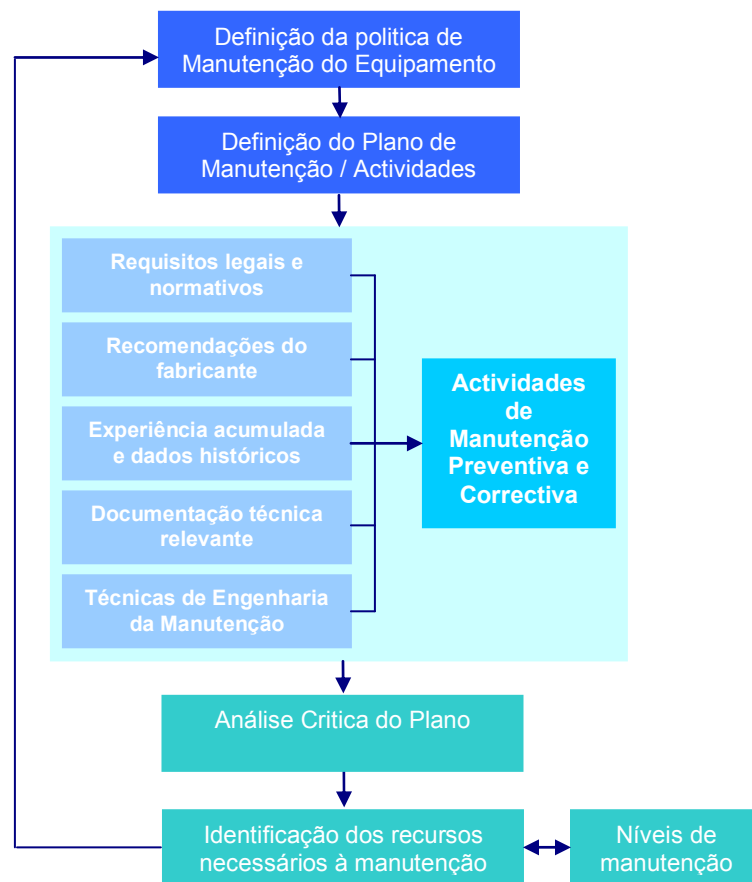


Fig. 13 - Definição do plano de manutenção

As fontes de informação referidas devem ser sempre consideradas, embora a relevância relativa de cada uma seja diferente de caso para caso. Por exemplo, é possível seguir apenas as recomendações do fabricante relativas a manutenção, mas é necessário sempre cruzar esta informação com as condições específicas existentes no ambiente produtivo em análise, já que os fabricantes não conseguem antecipar factores como as consequências das falhas, implicações que condicionem a segurança, requisitos normativos, a disponibilidade de técnicas de monitorização e outros recursos ou especificidades do ambiente produtivo. No caso de uma empresa como a do caso em estudo, é possível, para alguns tipos de equipamentos, dada a existência de experiência operacional acumulada, utilizá-la para complementar as actividades de manutenção a incluir no plano. Sempre que as recomendações do fabricante sejam insuficientes e o equipamento tenha um estatuto de criticidade elevado, análises tais como RCM devem ser adoptadas. Quando existem soluções alternativas a considerar (por exemplo, realização de monitorização de condição vs substituição periódica), estas devem ser

comparadas a vários níveis, tais como as implicações para a disponibilidade do equipamento, os tempos de manutenção ou os custos associados a cada uma.

No entanto, o gestor de manutenção não se deve limitar às fontes de informação mencionadas, sendo importante considerar todas as abordagens que possam representar valor acrescentado para o plano de manutenção.

6.4. PLANEAMENTO, PROGRAMAÇÃO E EXECUÇÃO

A presente fase de implementação concretiza a forma como devem ser planeadas e programadas as actividades de manutenção, considerando as questões relacionadas com o dimensionamento dos recursos a utilizar, tendo especial atenção na política de *outsourcing* e de formação e desenvolvimento de competências na organização, necessárias à eficiente execução das tarefas. Neste ponto, é necessário realizar a análise das tarefas em causa visando determinar para cada item objecto de manutenção, as informações específicas e os recursos necessários associados:

- Descrição da tarefa a realizar com o nível de detalhe adequado ao técnico que realizará a intervenção;
- Periodicidade da intervenção (seja um período de tempo fixo, o numero de horas de funcionamento do equipamento ou o numero de ciclos de funcionamento);
- Numero de pessoas, especialidade e tempo previsto de execução da intervenção;
- Procedimentos de desmontagem do equipamento e remontagem;
- Procedimentos de segurança a cumprir;
- Procedimentos de manuseamento, transporte e destino final de resíduos resultantes da intervenção;
- Ferramentas especiais, equipamentos de teste e outros equipamentos de apoio a utilizar;
- Peças de reserva, materiais e consumíveis a utilizar ou substituir;
- Observações e medições a realizar;
- Procedimentos de verificação do funcionamento do equipamento e da instalação e de verificação da correcta realização da intervenção.

As actividades são então revistas e a sua periodicidade ajustada em função de factores como a disponibilidade dos equipamentos para a intervenção, oportunidades criadas por paragens, a necessidade de otimizar a disponibilidade ou a optimização de recursos

utilizados. Sempre que possível, devem ser utilizadas fontes de informação que permitam a realização de melhorias às actividades de manutenção previstas, tais como, manuais de equipamentos, instruções de manutenção ou *benchmarking* de ambientes produtivos semelhantes. No entanto, a aplicabilidade das informações recolhidas deve ser verificada e adaptada sempre que necessário às condições existentes. Aquando da realização da análise das tarefas, é ainda necessário definir em que local esta deverá ser realizada (no local de instalação do equipamento, na oficina, em instalações de empresa externa, etc.) em função, na maior parte das vezes, do custo associado às várias alternativas. Esta decisão depende da análise de vários factores:

- Custo;
- Dados de operação do equipamento, quantidade e localização;
- Alternativas de reparação possíveis;
- Recursos humanos e outros;
- Dados de fiabilidade e manutibilidade;
- Tempo de desmontagem e transporte para o local de reparação e de volta à operação;
- Políticas de gestão associadas e outros condicionalismos.

O resultado desta análise detalhada facilita a identificação do tipo de manutenção e do nível de execução desta, a aplicar a cada recurso produtivo e facilita a análise de tarefas da manutenção e a identificação dos recursos de suporte a esta função.

A definição do nível de execução da manutenção exige que sejam clarificadas para cada tipo de intervenção ou para cada ocorrência específica, as seguintes questões:

- Será pessoal interno a realizar a intervenção, ou serão entidades externas?
- Quem fornece peças de substituição, materiais e consumíveis (Stock existente, adquirido propositadamente, fornecido por entidade externa, etc.)?
- Qual a origem de ferramentas especiais? Quem é responsável por assegurar o transporte? Quem assegura meios de elevação, equipamentos de teste ou outros meios de suporte necessários?
- Que equipamento de monitorização da condição ou software deve ser utilizado?
- Que infra estruturas devem ser asseguradas para implementar as políticas de manutenção definidas?

Numa fase inicial de organização, propõe-se que as respostas a estas questões sejam uniformes para conjuntos de equipamentos com a mesma tipologia funcional (exemplos: sistemas de desodorização, geradores de emergência, etc.). Numa fase posterior de optimização, com base num histórico de dados mais consolidado, seguir-se-ia uma definição mais específica, em que são desagregados aqueles grandes grupos, em grupos progressivamente mais restritos, com requisitos semelhantes e cada vez mais particulares. Quando este processo for assegurado para todos os itens inventariados e identificados do processo produtivo da organização, então, terão sido definidas as tarefas de manutenção e terá sido planeada a capacidade a considerar na função manutenção, para corresponder aos objectivos inicialmente definidos.

6.4.1. Execução de manutenção preventiva e correctiva

O planeamento de actividades de manutenção específicas tem de ser realizado com a antecedência necessária para permitir uma programação mais fina e para ser possível garantir os recursos necessários. Tal inclui:

- Identificar e designar os recursos humanos;
- Adquirir materiais e peças de substituição no exterior ou requisitá-las de stock interno;
- Garantir que ferramentas, transporte, eventuais meios de elevação necessários e outro equipamento de suporte estará disponível;
- Preparar procedimentos e planos de trabalho que considerem os requisitos operacionais, de manutenção, de segurança e ambientais;
- Identificar e reservar recursos externos eventualmente necessários;
- Identificar recursos ao nível das comunicações;
- Garantir a formação e competências técnicas necessárias.

As actividades planeadas são programadas com base num sistema de prioridades para garantir que as mais urgentes e importantes são realizadas em primeiro lugar e que os recursos são utilizados de forma eficiente. O processo que permite activar os recursos necessários em circunstâncias não planeadas pode passar por *call-centres* (através do numero verde), solicitação especializada, diagnóstico automático remoto (por exemplo, através da telegestão), ou operadores de equipamento.

As tarefas da manutenção devem ser executadas dedicando especial atenção aos aspectos técnicos relacionados com o isolamento do perímetro da intervenção,

desmontagem de equipamentos, limpeza, reparação, substituição de componentes, remontagem do equipamento e teste do equipamento e seus componentes. Sempre que aplicável, devem ainda ser definidos procedimentos especiais de segurança e de protecção ambiental, de que é exemplo o destino a dar a resíduos resultantes da intervenção (óleo usado, desperdícios, componentes substituídos, etc.), que devem ter carácter imperativo e ser cumpridos integralmente.

Deve ser garantido, conforme requisito da norma ISO9001:2000, o registo da informação relevante, que constitui a necessária evidência da actividade da manutenção. Esta informação reveste a forma de observações feitas, registos de leituras e de medições realizadas, tarefas realizadas e recursos utilizados. A certificação da realização das actividades de manutenção deve ser feita através da assinatura do responsável pela execução da actividade, quando o suporte da informação é em papel, ou através de “assinatura electrónica” feita através de um *login* pessoal, quando se trata de suporte digital.

A execução de manutenção preventiva consiste nas seguintes etapas:

1. Reunir dados técnicos e a descrição da tarefa;
2. Obter peças de substituição, ferramentas e outro equipamento de apoio;
3. Deslocação até ao local da intervenção;
4. Preparação do local da intervenção (colocar fora-de-serviço o equipamento a intervir, isolar a área e garantir o acesso limitado de outras pessoas);
5. Iniciar o tempo de contagem da intervenção;
6. Tempo de realização da manutenção activa;
7. Realizações de observações e medições;
8. Teste do equipamento e colocação em serviço;
9. Desimpedimento da área de intervenção;
10. Registo de informação adicional.

A manutenção correctiva consiste nas mesmas etapas da manutenção preventiva, mas requiere ainda uma etapa adicional, a de identificação do motivo da falha, ou seja, a realização de diagnóstico, com vista à verificação da origem e tipo da falha e da necessária reparação ou substituição de componentes. Na eventualidade de uma grande avaria, com impacto no processo produtivo, na segurança, ou para o meio ambiente, a causa da falha tem de ser investigada e devem ser reunidas evidências da sua origem antes de proceder à reparação. Em qualquer dos casos, o motivo da falha deve ser

sempre verificado e registado, bem como a solução adoptada para a reposição das condições de operação, que pode passar por uma solução definitiva, que garante a reposição total das condições prévias à falha, ou uma solução de recurso, que pode garantir apenas o funcionamento condicional do equipamento. Estas informações serão usadas em análise posterior – utilizando metodologias como FMEA ou análise da árvore de falha – com vista à implementação de acções correctivas e melhorias e no auxílio ao pessoal da manutenção que poderá recorrer a estes registos para resolver problemas semelhantes no futuro.

No caso em estudo, de uma empresa multimunicipal de saneamento, é necessário ainda na fase de planeamento considerar alguns factores críticos de sucesso, cuja integração no processo de decisão pode ter elevado impacto no desempenho operacional e financeiro da função manutenção:

- *Trabalhos planeados agregados geograficamente*

A dispersão geográfica dos recursos produtivos de uma empresa multimunicipal é a origem de uma ineficiência natural, que importa no entanto minimizar sempre que possível. De facto, o tempo de deslocação dos técnicos de manutenção até aos locais de intervenção não é desprezável, sendo frequentes os dias em que o tempo passado em deslocações por um técnico de manutenção atinge valores perto dos 20% do tempo total de presença na empresa desse mesmo técnico. A agregação das actividades a realizar em localizações geograficamente próximas, sempre que possível, deve ser um objectivo da gestão. Esta questão coloca-se principalmente ao nível das actividades planeadas.

- *Agregação de trabalhos planeados a trabalhos não planeados*

A necessidade de uma intervenção correctiva, na sequência de uma falha que não tinha sido antecipada, constitui uma situação que obriga a uma mobilização de meios para a localização do recurso produtivo a intervir. É criada uma janela de oportunidade que pode ser rentabilizada, aproveitando os meios e as deslocações, para a realização de actividades planeadas sempre que a urgência relativa da intervenção correctiva e o tempo de resposta dos meios a mobilizar para a preventiva permitam a ponderação desta possibilidade. Para que tal seja exequível, é necessário que o gestor da manutenção tenha visibilidade sobre as intervenções planeadas que se encontram no horizonte temporal mais próximo, através de consulta do mapa de

intervenções planeadas, que deve disponibilizar a informação pretendida de forma expedita e com um *lay-out* amigável.

- *Garantia de envolvimento dos operadores na manutenção de primeiro nível*

A tendência de envolver os operadores em actividades de manutenção de 1º nível, deve ser adoptada também em empresas multimunicipais. Além das vantagens já mencionadas, nomeadamente o facto de facilitar a implementação de processos de melhoria contínua, este factor pode ainda aumentar a eficiência da manutenção por outra via: os operadores cumprem rotinas no terreno, deslocando-se a todas as instalações com uma periodicidade pré-definida, pelo que, também aqui, as deslocações, que constituem um factor em que se podem conseguir ganhos de eficiência significativos, podem ser rentabilizadas através da integração de tarefas de 1º nível, tais como limpezas e lubrificações nas actividades de rotina dos operadores. Além da rentabilização das deslocações, a afectação dos técnicos de manutenção é orientada para tarefas de maior complexidade, tais como manutenção preventiva, correctiva ou acções de melhoria, o que se reflecte ao nível do dimensionamento da equipa de técnicos da manutenção.

6.4.2. Formação e desenvolvimento de competências

O recrutamento de técnicos para a equipa de colaboradores da manutenção deve contemplar as especialidades técnicas que integram as actividades, que tenham sido definidas como a assegurar em *insourcing*. Com efeito, a formação dos técnicos deve ser considerada aquando do dimensionamento da equipa de operacionais da manutenção e deve ser considerada aquando do planeamento das actividades da manutenção, que nunca devem contemplar actividades a realizar em *insourcing*, que exijam uma especialização além da existente na equipa de manutenção. As competências existentes na equipa interna de manutenção são um dos factores mais importantes a considerar na opção entre *insourcing* e *outsourcing*.

No processo de recrutamento de técnicos de manutenção, a valorização da polivalência constitui factor crítico de sucesso, numa empresa multimunicipal de saneamento. De facto, depois de conhecida uma anomalia e identificada a necessidade de intervenção, que tanto pode ter origem por exemplo numa rotina de operação, ou numa indicação através do sistema de telegestão, é necessário afectar um operacional de manutenção ou mais à resolução da anomalia – tipicamente, numa primeira abordagem ao problema, será um – e fazê-lo deslocar à instalação em causa. O técnico de manutenção indicado,

deverá ser capaz de, chegado á instalação, analisar o problema, identificar a causa da avaria e a solução necessária para o resolver e implementar esta ultima. Considerando que os problemas podem ter diversas origens (mecânica, eléctrica, pneumática, instrumentação, etc.), quanto maior a polivalência e formação do técnico, maior a probabilidade de conseguir resolver o problema na sua deslocação, ou, sendo impossível, maior a probabilidade de transmitir informação fiável ao responsável que irá providenciar os recursos para a resolução da anomalia em fase posterior. Mas também na manutenção planeada a polivalência constitui uma vantagem, já que será possível integrar acções de natureza diversa numa mesma ordem de trabalho (por exemplo, mecânica e eléctrica). Numa empresa multimunicipal, em que as instalações e recursos produtivos se encontram dispersos por uma vasta área geográfica, são possíveis grandes ganhos de eficiência através da polivalência dos técnicos ao nível das áreas de formação.

Acresce ao já exposto que, num ambiente produtivo dinâmico, novas necessidades surgem com frequência, e as condições de referência alteram-se, não sendo excepção, as actividades de manutenção. Com efeito, o plano de manutenção definido é revisto periodicamente em função dos resultados da sua aplicação, de alterações de prioridades e objectivos e de mudanças na conjectura que influencia a sua definição. A evolução de uma organização leva também por vezes a estágios de desenvolvimento, verificados através da evolução dos indicadores de desempenho, que representam o limite evolutivo nas condições existentes e que requerem, a adopção de novas técnicas, metodologias e recursos que permitam o salto para um novo patamar de desenvolvimento. Também a estratégia de definição dos recursos a utilizar – internos ou *outsourcing* – é redefinida. Por outro lado, as técnicas que integram a engenharia da manutenção e as tecnologias associadas desenvolvem-se, criando novas oportunidades, seja ao nível da eficiência operacional, seja ao nível dos custos associados à manutenção. Todas estas variáveis devem ser consideradas no momento de incluir o pessoal de manutenção no plano de formação da empresa. Neste âmbito, as necessidades de formação devem ser identificadas, actualizadas a todo o momento e estar em linha com os objectivos da função manutenção e consequentemente, com os objectivos estratégicos da empresa, num nível superior.

Outro factor que favorece o desenvolvimento de competências na função manutenção é a realização de *benchmarking* entre as várias empresas do sector e mais concretamente entre empresas do grupo AdP. Com efeito, o *benchmarking* é uma técnica promovida no

sector em várias áreas, por influência do IRAR, da AdP, e dos próprios intervenientes, por se tratar de monopólios regionais, em que não existe uma concorrência entre as várias empresas do sector. Ao nível da manutenção, a troca de experiências em ambientes produtivos similares permite a generalização das melhores práticas.

6.4.3. Estratégia de *outsourcing*

Uma das decisões da gestão da manutenção que mais impacto – económico e operacional – pode ter numa organização, tem a haver com o tipo de recursos a utilizar e a sua origem. De facto, a decisão sobre a utilização de recursos internos ou externos, torna-se um factor crítico de sucesso nas organizações modernas, e concretamente para a função manutenção.

O *outsourcing* é uma solução que actualmente é muito utilizada mas mais variadas áreas, pelos mais diversos motivos. Áreas como a produção, a logística e transportes e mesmo o projecto, entre outras funções, adoptam sob determinadas condições, estratégias de *outsourcing*, que pode variar de situações pontuais, a uma colaboração mais permanente, e que pode ir desde actividades com pouco impacto até à gestão de todo um processo empresarial (Kumar, Kumar, 2004).

O *out-tasking* constitui uma aplicação mais selectiva do *outsourcing*, através de contratação externa orientada por critérios que permitam a prossecução dos objectivos definidos para a manutenção (Hui, Tsang, 2004). Por outro lado, o estabelecimento de relações com esta tipologia, mantém forçosamente uma equipa de manutenção interna, que controla as acções do fornecedor dos serviços em causa e a relação contratual, mantendo-se as competências centrais no interior da organização e evitando o risco de domínio da relação contratual pela entidade externa contratada, que não é pouco frequente. É uma ferramenta que permite exponenciar a eficiência das organizações através dos seguintes objectivos mais comuns:

- Redução de custos de exploração;
- Utilização de competências especializadas;
- Flexibilidade no dimensionamento dos recursos em função das necessidades;
- Necessidade de equipamentos especiais;
- Melhorias na qualidade;

- Melhorias na satisfação do cliente.

O *outsourcing*, na sua forma mais tradicional, implicando a subcontratação total de uma função, tem sido frequentemente origem de vários vícios contratuais, implicando a gestão acrescida deste risco. São exemplo deste tipo de situações a violação de cláusulas contratuais por fornecedores, ou a relutância em cumprir com novos requisitos do cliente, facilitadas pela escassez de recursos do cliente para controlo do serviço em causa. O *outsourcing* total de uma função pode pôr em causa objectivos estratégicos da organização sempre que os prazos de resposta, a qualidade do produto ou serviço ou o desenvolvimento de competências sejam críticos para a empresa.

Hui e Tsang (2004) elencaram na Tabela 8 os prós e os contras do *outsourcing* da função manutenção e na Tabela 9, fazem uma comparação das duas estratégias, *outsourcing* e *out-tasking*, a vários níveis.

Prós e contras da estratégia de outsourcing de manutenção de activos

	Prós	Contras
Estratégia de manutenção	Foco nas competências do <i>core business</i>	Necessário gerir o risco de oportunismo
Serviço ao cliente	Maior definição de responsabilidades	Resposta mais lenta
Impacto económico	Custos menores	Aumento de custos contratuais
Processos internos	Flexibilidade Operacional	Perda de controlo
Inovação e aprendizagem	Acesso a Know-how especializado	Falta de formação do pessoal interno

Tabela 8 - Prós e contras do *outsourcing*

Comparação entre Outsourcing e Out-tasking

Item de Comparação	Outsourcing		Out-tasking
Semelhanças	Opção comprar / fazer	Comprar	Comprar
	Impacto expectável	Poupanças de custos	Economia de recursos (<i>lean</i>)
Diferenças	Âmbito de acção	Toda a função manutenção	Algumas actividades da manutenção
	Duração	Médio/longo prazo	Curto prazo
	Controlo	Gestão de contrato	Gestão do fornecedor
	Tipo de fornecedor	Grandes empresas	Pequenas empresas
	Papel do pessoal interno	Coordenação	Proactivo

Tabela 9 - Comparação entre *Outsourcing* e *Out-tasking*

As actividades a ser objecto de *out-tasking* estão normalmente bem definidas. De facto, é frequente a adopção desta metodologia sempre que possa contribuir para uma redução de custos. Deve ser constituída uma listagem pré-aprovada de fornecedores externos, eventualmente já classificados, que possa ser consultada para fazer face às necessidades. Numa fase de planeamento, e após a decisão de opção pelo *out-tasking*, é seleccionado o fornecedor e formalizado o contrato de prestação de serviços, que deve integrar as actividades previstas, mas permitir a inclusão de novas, que venham a ser identificadas no futuro, nomeadamente aquando da execução dos trabalhos já previstos, ou mesmo uma alteração do âmbito do trabalho, já que existe um factor de imprevisibilidade associado à realização destas prestações de serviços. É também frequente a inclusão de penalizações ou incentivos associados a objectivos. A um nível formal, o contrato, além da especificação dos serviços a realizar, deve ainda especificar os requisitos de competências e níveis de formação necessários, procedimentos e regras de segurança e protecção ambiental a seguir, e outros requisitos específicos a cumprir pelo fornecedor. Este tipo de contrato é resultado de um processo negocial *win/win*.

Na fase de execução do trabalho, esta caracteriza-se por uma colaboração próxima de pessoal interno e externo, particularmente em actividades com um risco associado superior. A monitorização dos trabalhos e o seu acompanhamento próximo por responsáveis da empresa, garante um controlo mais efectivo do resultado do *out-tasking* e a realização atempada de acções correctivas sempre que necessário.

Periodicamente, no fim de cada ciclo contratual, ou sempre que se justifique, devem ser realizadas reuniões entre responsáveis das duas partes da relação contratual para rever e analisar os pressupostos iniciais, as acções já realizadas e, eventualmente, acções correctivas necessárias. O ambiente neste tipo de reuniões caracteriza-se por uma partilha de informação, conclusões consensuais e colaboração.

Através da experiência acumulada pelas empresas multimunicipais de 1ª geração, em que se inclui a SIMRIA, no estabelecimento deste tipo de relações, verifica-se que as relações estabelecidas neste âmbito, apesar de terem uma validade contratual de curto prazo a médio prazo (normalmente não ultrapassam um ano), podem prever a renovação automática, salvo denuncia por uma das partes. Este factor, aliado a um acompanhamento próximo de ambas as partes, com a implementação das correcções necessárias, e a um empenhamento real da empresa fornecedora na perspectiva de uma

renovação para um novo período, reforça a relação contratual, estabelecendo-se frequentemente uma parceria que se prolonga por vários períodos contratuais.

No caso concreto em estudo, de uma empresa multimunicipal de saneamento, as políticas sectoriais têm de ser consideradas no processo de tomada de decisão, e a este nível, o PEAASAR II menciona que o recurso ao *outsourcing* deve ser feito com o objectivo de reduzir custos, mas não colocando em causa as actividades fundamentais das empresas, em que se inclui a manutenção, mantendo o *know-how* e as competências críticas no interior da organização. Neste espírito, a solução preconizada para uma empresa multimunicipal de saneamento, deve passar, não pela contratação externa da realização de funções centrais do negócio na sua abordagem mais tradicional, mas sim, pela realização de *out-tasking*, através da contratação de agentes externos para a realização de tarefas específicas, que podem inclusivamente ser essenciais à exploração do sistema, já que o controlo da sua realização e do seu *output* estará sempre na empresa. Desta forma, a organização da manutenção de uma empresa multimunicipal deverá a este nível:

- Constituir uma equipa de técnicos de manutenção interna, que:
 - Assegure as especialidades técnicas identificadas como necessárias;
 - Desempenhe as actividades planeadas definidas como *insourcing*;
 - Garanta a primeira resposta no caso das falhas de recursos produtivos;
 - Controle as acções desempenhadas pelos fornecedores de *out-tasking*;
- Fazer uma selecção de actividades da manutenção a contratar em regime de *out-tasking*, através da definição de critérios de elegibilidade. Neste âmbito, e como exemplos, deve ser considerado o *out-tasking* de tarefas:
 - Sempre que tal represente uma economia de custos de exploração;
 - Quando se trate de trabalhos que requerem competências especializadas ou ferramentas especiais, que não estejam disponíveis na organização;
 - Quando a sua execução representa um acréscimo pontual de actividade a que não seja possível dar resposta com capacidade produtiva interna;
 - Quando existem referenciais legais ou normativos que definam requisitos especiais de acreditação para a sua realização.

Esta solução está em linha com as tendências actuais de gestão, já que o *out-tasking* é uma estratégia cuja utilização é mais frequente que o *outsourcing* (Kleeman, 1994).

Tipicamente, são exemplo de tarefas a ser realizadas em *out-tasking* numa empresa que detém a exploração de um sistema de saneamento, actividades de verificação de dispositivos de medição e monitorização, que constituam metrologia legal, para os quais é necessária acreditação própria (ex: aferição de manómetros) ou a inspecção de equipamentos sob pressão, que tem de ser realizada por entidade acreditada. Outros exemplos são actividades muito especializadas como soldaduras em materiais especiais ou a reconstrução de equipamentos.

6.5. CONTROLO E ACÇÃO

A avaliação das actividades de manutenção preventiva e correctiva pode ser realizada de cada vez que é efectuada uma intervenção (tipicamente, tal acontece após grandes falhas de equipamentos) ou com carácter periódico (por exemplo, por tipo de equipamento), através de análise de dados de desempenho e de tendências específicas da manutenção, mas também através da avaliação do grau de cumprimento das metas definidas para os indicadores de desempenho do BSC. A organização deve garantir um método que seja aceite e que seja norma interna neste domínio, permitindo a recolha de dados e a sua análise de forma repetitiva, e desta forma comparar informação e desempenho de diferentes períodos.

Os resultados da análise de dados devem ser utilizados como apoio e justificação para a realização de melhorias. A utilização de um CMMS é um elemento facilitador da gestão da informação, permitindo o registo, e a realização de leitura intuitiva de dados, bem como a sua interpretação.

No caso da manutenção preventiva, a análise da sua adequabilidade e dos resultados emergentes da sua adopção deve considerar factores como:

- A eficácia da manutenção;
- Aspectos técnicos da manutenção;
- A adequabilidade dos recursos utilizados, com especial atenção à análise *insourcing vs outsourcing*;
- Procedimentos relacionados com a segurança e protecção do meio ambiente.

Na manutenção correctiva, as grandes falhas de equipamento devem ser investigadas exaustivamente, procurando identificar acções preventivas e correctivas a implementar.

Em casos com maior impacto nas operações da empresa e nos custos, a investigação a efectuar deve ainda envolver a análise da causa da falha, que pode consistir em:

- Formar uma equipa especializada para estudar o caso;
- Recolha de evidências;
- Análise dos resultados e identificação da causa da falha, utilizando metodologias como a FMEA, a análise da árvore de falha ou outros métodos;
- Determinar a primeira causa da falha;
- Propor, testar e validar possibilidades;
- Recomendação de acções preventivas;
- Implementação de acções de melhoria.

A adopção de metodologias de análise ao conjunto de acções correctivas, irá muito provavelmente revelar falhas que são recorrentes e que podem ter origem, por exemplo, nas condições de operação, de instalação ou em questões de qualidade, devendo então agir-se sobre a causa.

A melhoria continua na manutenção e nas suas actividades de suporte, é conseguida através do apoio da gestão e da eficácia dos processos e da comunicação, e pode ser concretizada através de:

- Alterações na definição da política de manutenção;
- Mudanças no nível de execução da manutenção;
- Alterações de procedimentos da manutenção;
- Criação de competências e formação do pessoal da manutenção e operação;
- Correcto dimensionamento do stock de peças de reserva e outros materiais;
- Utilização de ferramentas e equipamentos de apoio mais adequados;
- Adopção de *outsourcing*;
- Adequação de procedimentos e condições de operação;
- Adopção de procedimentos de segurança e ambientais;
- Alterações à configuração do equipamento ou de sistemas;
- Acções sobre a manutibilidade do equipamento.

Deve ser estabelecido, tal como sugerido, através da adopção do BSC, um procedimento de validação, com definição de metas, prazos e responsáveis, que permita verificar a implementação das acções definidas e a sua eficácia.

Por vezes, o processo de melhoria contínua implica alterações da configuração de equipamentos, que podem ser realizadas por entidades internas ou externas à organização. Estas alterações, de um modo geral, implicam novas condições de operação e manutenção, e devem ser consideradas nos processos futuros de tomada de decisão pela gestão da manutenção e em futuros processos semelhantes.

Como consequência deste tipo de alterações ao equipamento, seja para melhorar a funcionalidade ou a manutibilidade, deve ser sempre feita uma nova avaliação das actividades de manutenção e das suas funções de apoio. Tal pode resultar em alterações da política de manutenção, dos recursos associados, da formação necessária e da documentação a utilizar. De facto, uma das situações que merece mais atenção é a actualização de informação original do fornecedor relativa ao equipamento, ou de projectos e desenhos existentes, com vista a reflectirem as alterações realizadas (tipicamente, constam de manuais de operação e manutenção das instalações em causa). Recorde-se que este tipo de documentação é uma das fontes de informação mais relevantes no processo de organização da manutenção. Outro efeito frequentemente associado a estas alterações de equipamentos, é o desajuste da gestão das peças de reserva, ou seja, as peças em stock deixam de ser as necessárias e é preciso recorrer ao aprovisionamento para garantir a existência de novas peças e materiais agora necessários. Todas as alterações, principalmente as que impliquem novos procedimentos, seja de operação ou manutenção, devem ser enquadradas na configuração do sistema de gestão para garantir que são perfeitamente implementadas na organização e que os seus resultados são registados devidamente, ainda que para tal, tenha de haver algum tipo de adaptação no sistema de gestão, que permita o suporte dessa informação.

Como ultima etapa num processo de alteração da configuração de um dado recurso produtivo, é necessário fazer um seguimento próximo com vista a garantir que não resultam impactos negativos e imprevistos na manutenção e suas funções de apoio.

7. A adopção de uma aplicação informática que permita a implementação do modelo definido

A complexidade associada à gestão da informação da manutenção é evidente. Com todas as variáveis que é necessário considerar, a utilização de ferramentas informáticas que permitam o tratamento da informação, constitui uma ferramenta que permite exponenciar a eficiência das actividades da manutenção, facilitando a sua operacionalização.

Historicamente, e antes da multiplicação da oferta de CMMS, a gestão da manutenção assentava essencialmente no papel, nomeadamente a gestão da manutenção preventiva. Esta prática apenas consistia em registos, sem nenhuma estrutura relacional, que tornava muito complexo o tratamento de dados, tornando praticamente impossível, a obtenção de informação útil (Braglia, Carmignani, Frosolini, 2006).

Os CMMS têm assumido a função de elemento facilitador do tratamento e análise de quantidades massivas de dados disponíveis nas organizações, transformando-as em informação útil. Frequentemente, os dados existem, mas não são utilizados por falta de ferramentas que permitam o seu tratamento eficaz, ou ainda por se encontrarem dispersos por várias bases de dados e funções da organização, o que leva a inconsistências quando se efectua uma análise cruzada. Na prática, numa organização, existem frequentemente “ilhas” de dados, que não são imediata e facilmente transformadas em informação utilizável no processo de tomada de decisão.

A aplicação das tecnologias de informação (TI) à gestão da manutenção permite a prossecução das actividades de gestão, cobertas pelas seguintes funções:

- Controlo dos objectos de manutenção;
- Controlo de custos dos itens geridos, custos de aquisição, etc;
- Planear manutenção preventiva;
- Controlar e manter procedimentos de manutenção preventiva;
- Controlar a emissão de ordens de trabalho de intervenções planeadas e não planeadas;
- Organizar os registos do pessoal da manutenção;

- Fornecer informação e relatórios de orçamento e custos associados à manutenção;
- Gerir o stock da manutenção, seja de ferramentas, consumíveis, peças de reserva, etc;
- Fornece ferramentas de análise que permitem controlar e melhorar o desempenho da manutenção.

Considerando a quantidade de ferramentas informáticas de gestão da manutenção disponíveis no mercado, e as características específicas de cada uma, é importante que, num processo de selecção do software mais adequado, o comprador defina os objectivos que pretende alcançar com esta acção sob risco de adquirir uma solução que não vai utilizar e que não acrescenta valor aos seus processos. Por outro lado, o investimento numa aplicação deste género é feito a longo prazo e representa sempre montantes elevados, dependendo a eficácia da adopção da sua adequabilidade, da eficácia do processo de implementação e do envolvimento do pessoal na utilização e familiarização com o novo sistema. Uma implementação bem sucedida de um CMMS pode garantir as seguintes vantagens:

- Melhorias na disponibilidade dos equipamentos e consequentemente, do processo produtivo como um todo;
- Reduzir custos de exploração através de uma mais eficaz gestão dos recursos e da menor ocorrência de acções correctivas;
- Maior tempo de vida útil dos recursos produtivos;
- Maior controlo sobre o planeamento da manutenção preventiva;
- Redução da manutenção correctiva, em favor de uma manutenção planeada e preditiva;
- Acesso facilitado a dados de manutenção e estatísticos para apoio à tomada de decisão.

Braglia, Carmignani e Frosolini (2006) identificam as funcionalidades que tipicamente integram um CMMS:

- Gestão e controlo do equipamento;
- Gestão do recurso produtivo e controlo (custo de aquisição, plano de amortização, etc.);
- Procedimentos de manutenção preditiva (intervenções, planeamento, etc.);
- Controlo e gestão de desenhos e outros documentos;

- Gestão da manutenção planeada e não planeada;
- Gestão de ordens de trabalho;
- Análise de dados históricos;
- Controlo orçamental e de custos;
- Gestão de stocks;
- Gestão de aprovisionamento.

Estas funções integram os módulos de organização que constituem a base de um CMMS eficaz em qualquer ambiente produtivo. Os fornecedores de CMMS desenvolvem aplicações modulares que permitem a construção mais flexível e adaptável às especificidades da organização cliente.

Apesar de serem evidentes os benefícios da adopção de uma ferramenta informática para gestão da manutenção, frequentemente existem algumas limitações nestas aplicações, conforme descrito por Labib (2004):

- Os CMMS servem de repositório de dados, mas depois não disponibilizam ferramentas de análise da informação que permitam otimizar o *output* para apoio à tomada de decisão;
- Frequentemente não apresentam um interface amigável com o utilizador e uma utilização intuitiva;
- Não incorporam os conceitos de modelos matemáticos que permitem a optimização da gestão da manutenção e dos seus resultados, passando-os da teoria à prática.

A escolha de um CMMS adequado é uma actividade complexa em que é necessário considerar e avaliar diversas variáveis. Uma proposta de procedimento de avaliação é apresentada por Braglia, Carmignani e Frosolini (2006) através de uma solução em que são estruturados hierarquicamente 46 critérios relevantes desagregados a partir de um primeiro nível em que constam as características que mais frequentemente são associadas a um software de manutenção (Fig. 14). A análise proposta por estes autores é um processo comparativo entre várias soluções, que são classificadas em cada um dos critérios.

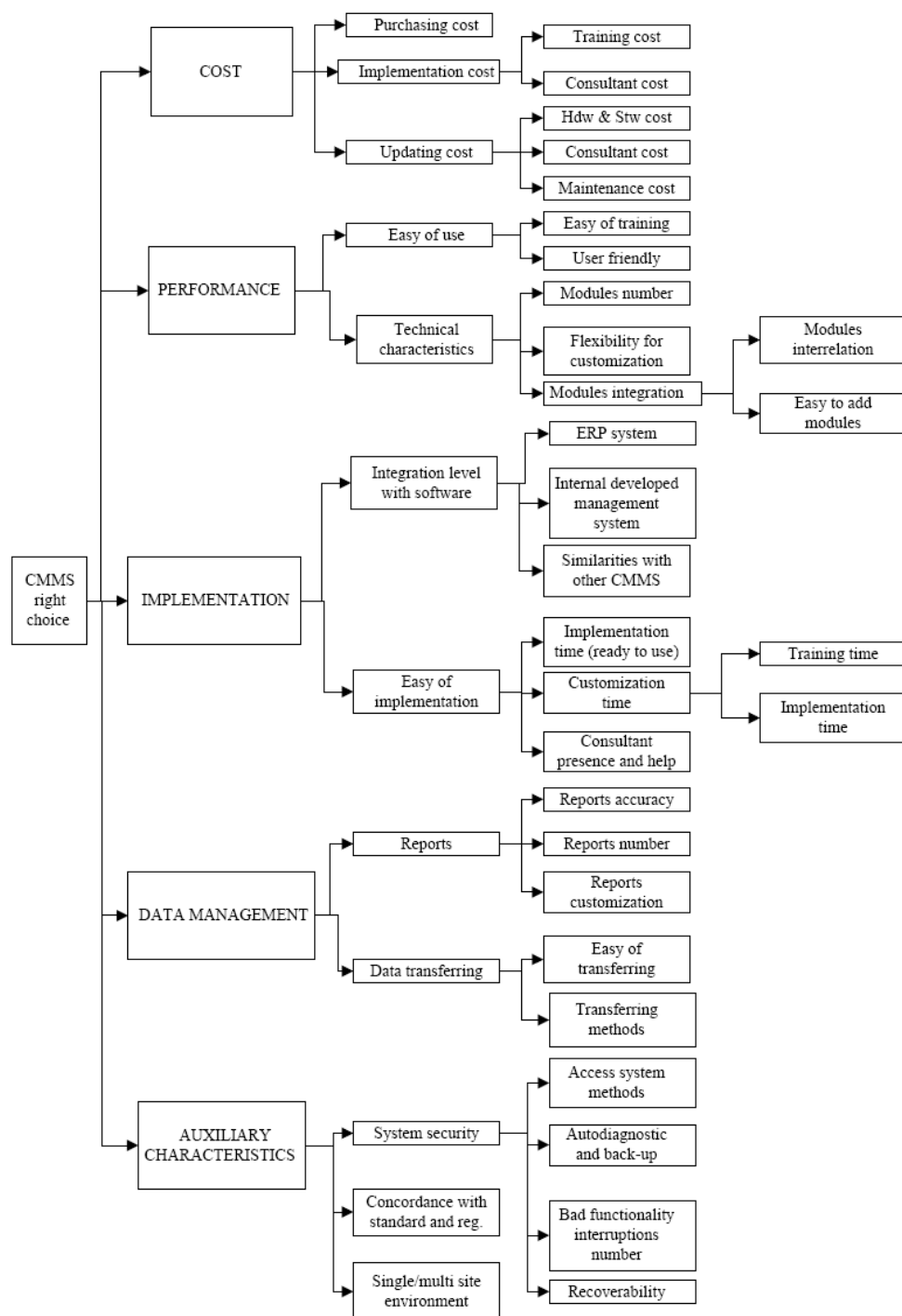


Fig. 14 - Estrutura hierárquica de avaliação de CMMS

7.1. O CASO EM ESTUDO

A selecção e adopção de um CMMS é um processo em curso no grupo AdP e foi identificada como uma necessidade operacional das empresas da *holding*, dada a complexidade operacional e tecnológica que caracteriza o processo de exploração das empresas que a integram. O objectivo é que este processo seja realizado de forma

centralizada com vista à implementação de uma solução comum às várias empresas, tendo como objectivo uma maior integração da informação, que permitirá a consolidação da informação ao nível do grupo.

Nas empresas do grupo AdP têm vindo a ser utilizados sistemas de informação, em maior ou menor escala, em função do seu nível de consolidação. Nas empresas mais consolidadas, verifica-se que existe uma apreciável experiência na utilização de sistemas de informação, nas mais diversas áreas de actuação da sua actividade. No entanto, salvo algumas excepções, os sistemas de informação têm vindo a ser implementados sectorialmente, utilizando bases de dados independentes, muitas vezes suportadas por tecnologias de bases de dados diversas (por exemplo, Oracle, da *Oracle Corporation*, SQL Server e Access, da *Microsoft Corporation*, entre outras), pelo que não têm vindo a beneficiar das vantagens que poderiam advir de uma abordagem integrada das soluções adoptadas. No caso em estudo da SIMRIA, as soluções informáticas são utilizadas em várias áreas, mas de forma independente e sem preocupações de integração, constituindo exemplos desta prática, aplicações como o SAP para a gestão financeira, o SIG para a gestão da informação e referência geográfica, o ControlQ para a gestão da qualidade, o SimDoc para gestão documental e o software de controlo da telegestão.

De facto, em larga medida, os referidos sistemas de informação necessitam de utilizar os mesmos dados de base e, em alguns casos, a informação produzida por alguns desses sistemas é indispensável à modelação de processos realizados por outros sistemas de informação. Neste contexto, independentemente da valia técnica das soluções adoptadas isoladamente, a utilização de bases de dados independentes acarreta, necessariamente, alguns constrangimentos:

- Replicação de dados;
- Custos acrescidos na introdução dos dados;
- Incoerência ou dessincronismo, na medida em que a actualização duma das bases de dados não se reflecte automaticamente nas restantes;
- Aumento dos custos de implementação e exploração:
 - Aumento de custos com recursos humanos;
 - Aumento do custo de aquisição e manutenção de software;
 - Aumento dos custos associados a prestações de serviços de suporte técnico.

Nestas empresas, os sistemas de informação têm vindo a surgir tardiamente e em resposta a necessidades imediatas, o que, se por um lado compromete a adopção de

uma estratégia de implementação articulada, por outro suscita a adopção de procedimentos expeditos de gestão e arquivo de informação, cuja posterior integração obriga a investimentos adicionais. Com o objectivo de corrigir esta situação, a orientação estratégica da *holding* é a de garantir uma progressiva integração dos sistemas de informação, sendo que a adopção de um CMMS e a generalização da sua utilização nas empresas do grupo será um dos primeiros passos nesse sentido.

O CMMS a adoptar foi definido como um projecto de implementação de um sistema de manutenção e gestão de activos (SMGA), por se pretender integrar a gestão dos recursos produtivos não só na óptica da manutenção, mas também na sua gestão enquanto activo financeiro, o que é feito em SAP. Por esta razão, desde logo, a solução preconizada terá de passar por uma integração destas duas aplicações, com um interface de ligação entre as duas bases de dados.

A actividade de manutenção e gestão de activos absorve um volume considerável de recursos humanos e financeiros das empresas, gerando uma grande quantidade de dados, cujo tratamento e análise constituiria um grande apoio à tomada de decisão. A gestão eficaz desta informação tem, necessariamente, de ser suportada por sistemas informáticos específicos.

Existem no mercado diversas soluções, já testadas e amplamente divulgadas. No entanto, num projecto desta natureza, é o criterioso levantamento de requisitos e a correcta modelação da actividade que irá determinar o seu sucesso, em articulação com a escolha de uma solução onde a componente tecnológica esteja a par das mais recentes tecnologias de informação e onde os aspectos de segurança e flexibilidade, bem como o facto de ser amigável e de fácil disseminação, estejam considerados de forma consubstanciada. Um outro aspecto determinante na selecção de um SMGA, corresponde à sua capacidade de integração com os restantes sistemas de informação empresariais, devendo ser promovida a implementação de uma arquitectura informática que permita a horizontalidade da informação e dos processos que lhe estão subjacentes, evitando a replicação de informação entre sistemas, garantindo a coerência dos dados e racionalizando os processos.

Presentemente, existem no mercado diversas soluções de SMGA, tendo diversas empresas do grupo AdP, ao longo dos anos, optado pela escolha de algumas dessas soluções, para resolver os seus problemas específicos. As soluções adoptadas nesta fase tiveram, na sua génese, a necessidade da resolução dos seus problemas

específicos, o que, em termos de requisitos, corresponde a uma envolvente diferente da actual. Acresce, ainda, que a introdução do SAP no grupo AdP, veio colocar novas condicionantes, que se traduzem em novos requisitos, sobretudo devido a que, quer a área financeira, quer as áreas logística e de património, são geridas em SAP, respeitando fluxos e processos standard, o que, por um lado, dilui a especificidade das empresas e, por outro, coloca a necessidade de integração com os sistemas que se relacionam com estes processos, como é o caso do SGMA.

Com o objectivo de proceder à selecção da solução mais adaptada à realidade das empresas da *holding* este processo prevê uma pré-selecção de potenciais fornecedores, em que serão considerados os fornecedores de referência deste tipo de software, por forma a restringir o numero de propostas em análise.

A avaliação das soluções pré-seleccionadas será depois realizada de duas formas:

1. Através de análise das propostas por um grupo de trabalho de especialistas informáticos;
2. Através de avaliação das soluções apresentadas por um grupo de utilizadores-chave, representativos do universo de potenciais utilizadores desta ferramenta e nalguns casos, utilizadores de CMMS, garantindo o envolvimento do pessoal da manutenção desde o inicio do processo, o que permite a incorporação no resultado final da tomada de decisão de:
 - Expectativas dos gestores e operacionais de manutenção relativamente às funcionalidades do CMMS a adoptar;
 - Considerações sobre pontos fortes e fracos de soluções informáticas de gestão da manutenção, bem como integração de oportunidades identificadas a partir da utilização de algumas ferramentas deste género no ambiente produtivo específico das empresas do grupo AdP.

Preconiza-se uma avaliação das alternativas, realizada com base numa série de critérios e sub-critérios (Tabela 10), que estão em linha com a maior parte dos critérios propostos por Braglia, Carmignani e Frosolini (2006), à excepção do critério custo, que não foi identificado como determinante na selecção desta ferramenta.

Critério	Sub-Critério	Critério de pontuação
Características funcionais Pretende-se determinar o grau de adequação, de cada uma das soluções apresentadas, às necessidades funcionais das empresas do grupo AdP.	Navegabilidade: facilidade de acesso a toda a informação, independente da janela de diálogo onde o utilizador se encontra, e se as tarefas diárias dos utilizadores estão suficientemente transcritas, no interface do software.	(3) Não é necessário mudar de janela de diálogo para aceder à informação necessária à actividade que está a desenvolver; (2) É necessário, em alguns casos, de recorrer a outras janelas de diálogo para obter a informação, mas o processo é intuitivo; (1) É necessário, em alguns casos, de recorrer a outras janelas de diálogo para obter a informação, mas o processo não é intuitivo.
	Manutenção preventiva: análise das capacidades do software, na definição dos planos de actividades e alocação de recursos.	(3) Permite a construção dos planos de actividades com definição de tarefas, materiais e ferramentas necessárias e inclui a capacidade de planeamento de recursos; (2) Permite a construção dos planos de actividades com definição de tarefas, materiais e ferramentas necessárias mas não inclui a capacidade de planeamento de recursos; (1) Permite construção de planos de actividades com definição de tarefas e não inclui a capacidade de planeamento de recursos.
	Rotas de inspecção/lubrificação: determinar as capacidades do software, na gestão deste tipo de intervenções, no que concerne ao seu registo, planeamento e imputação de custos.	(3) Permite a criação de uma única ordem de trabalho (OT), para um dado circuito de inspecção e permite registar e obter informação sobre cada uma das inspecções incluídas no circuito; (2) Permite a criação de uma única OT para um dado circuito de inspecção, mas não permite registar e obter informação sobre cada uma das inspecções incluídas no circuito; (1) Obriga à criação de uma OT por cada Inspeção realizada.
	Ordem de trabalho: determinar se as soluções em análise permitem definir com total liberdade os circuitos e etapas das OT, com base na definição de work-flows, onde para cada etapa possam ser definidos responsáveis e mecanismos de aprovação.	(3) Permite definir, com total liberdade, as diferentes etapas de uma OT e dispõe de uma ferramenta de <i>work-flows</i> associada; (2) Permite definir, com total liberdade, as diferentes etapas de uma OT, não dispondo de uma ferramenta de <i>work-flows</i> associada; (1) Circuito de OT definido, permitindo apenas pequenas alterações, não dispondo de uma ferramenta de <i>work-flows</i> associada.
Características tecnológicas Pretende-se determinar a adequação das soluções propostas, do ponto de vista tecnológico.	Geração de ferramentas de programação: determinar quais as tecnologias que estão na base do desenvolvimento da solução proposta, e qual o seu nível de actualização relativamente à prática actual em TI.	(3) Solução <i>Web-Based</i> , recorrendo a tecnologias de desenvolvimento Studio.NET ou similares; (2) Solução Cliente/Servidor, recorrendo a tecnologias de desenvolvimento Studio.NET ou similares; (1) Solução Cliente/Servidor, recorrendo a tecnologias Visual Basic ou similares.
	Necessidade de desenvolvimentos específicos: avaliar quais as necessidades de desenvolvimentos específicos, face aos requisitos funcionais das empresas do grupo AdP.	(3) Apresenta uma elevada compatibilidade com as necessidades das empresas do grupo AdP, prevendo-se apenas desenvolvimentos específicos em questões pontuais; (2) Apresenta alguma compatibilidade com as necessidades das empresas do grupo AdP, prevendo-se alguns desenvolvimentos; (1) Carece de um elevado esforço de desenvolvimentos específicos para responder às necessidades das empresas do grupo AdP.
	Nível de parametrização: determinar, que áreas serão passíveis de se customizar, através de parametrização externa, sem recurso a programação.	(3) Permite uma parametrização ao nível da interface, das tabelas, do work-flow, dos relatórios e dos indicadores; (2) Permite parametrização ao nível da interface, do work-flow, dos relatórios e dos indicadores; (1) Permite a parametrização ao nível da interface, dos relatórios e dos indicadores.
Arquitectura Pretende-se aferir da qualidade da solução proposta, em termos de integração com outros sistemas de informação e em termos de organização dos dados, tendo em vista a coexistência de duas necessidades, a consolidação da informação enquanto grupo e as exigências específicas de cada empresa.	Ferramentas e integração com outros sistemas: aferir da existência de ferramentas standard de integração, com níveis de segurança e fiabilidade testados.	(3) existe ferramenta específica, utilizando mecanismo de transferência seguros e fiáveis; (2) ferramenta de transferência de dados com fiabilidade e segurança frágil; (1) não apresenta solução.
	Existência do conceito multi-empresa: determinar se a solução integra o conceito multi-empresa, ou se terá de sofrer adaptações. Pretende-se, ainda, aferir da possibilidade da existência de uma instalação central na qual se possa proceder à consolidação dos dados relativos à manutenção, sem perder de vista as especificidades próprias de cada instalação local.	(3) integra o conceito multi-empresa; (2) não integra o conceito multi-empresa, mas é possível a sua implementação; (1) não integra o conceito multi-empresa e é difícil a sua implementação.
	Coexistência de instalação central com instalações locais: aferir, se as soluções permitem a implementação em simultâneo de instalações locais com sincronismo central e soluções em ASP.	(3) permite instalações locais e central com sincronismo; (2) só permite instalação em ASP com réplica da BD; (1) só permite instalações locais com sincronismo de difícil implementação.
Referências Pretende-se determinar a experiência e maturidade da equipa e do software, em projectos similares, ao nível nacional e internacional.	Referências nacionais: aferir as referências nacionais apresentadas.	(3) apresenta referências onde constam projectos de dimensão semelhante e cujos clientes sejam empresas de referência; (2) apresenta referências onde constam projectos de dimensão menor mas cujos clientes são empresas de referência; (1) apresenta referências de projectos de menor dimensão.
	Referências internacionais: aferir as referências internacionais apresentadas.	(3) apresenta referências onde constam projectos de dimensão semelhante e cujos clientes sejam empresas de referência; (2) apresenta referências onde constam projectos de dimensão menor, mas cujos clientes são empresas de referência; (1) apresenta referências de projectos de menor dimensão.

Tabela 5 - Critérios e sub-critérios de selecção de um CMMS para as empresas do grupo AdP

8. Conclusões

A manutenção tem sido historicamente encarada como um mal necessário, e como a origem de ineficiências, mais do que como uma forma de minimizar custos associados à exploração de recursos produtivos e otimizar o seu funcionamento.

A gestão da manutenção é um processo que visa a optimização do *output* dos recursos produtivos, minimizando os custos associados ao mau-funcionamento de recursos produtivos e optimizando o desempenho, através de melhorias e *upgrades* de equipamentos.

A medida de desempenho da empresa gestora do sistema multimunicipal de saneamento em estudo, passa pela garantia de disponibilidade do sistema instalado e de níveis de serviço elevados dos seus recursos produtivos, mas atendendo à estratégia da empresa e à sua certificação, passa também pela garantia da segurança de operação do sistema para os seus colaboradores e terceiros, bem como pela realização do serviço com procedimentos que garantam o mínimo de impacto ambiental. Nesta óptica, nos processos de tomada de decisão de organização, gestão e realização da manutenção devem ser integradas e enquadradas todas as variáveis relevantes relativas aos referenciais normativos de Qualidade, Ambiente e Segurança.

O presente trabalho propõe uma abordagem ao processo de gestão da manutenção, como uma série de etapas, cuja implementação de forma sequencial permite a análise sistemática e integração dos factores críticos de sucesso no processo de tomada de decisão. Este processo representa a definição da política de manutenção da organização, sendo que no presente documento é dado especial ênfase ao trabalho de organização inicial desta função, considerando o caso em estudo de uma organização produtiva já em exploração.

O processo de gestão da manutenção preconizado, encontra-se enquadrado por factores de contexto externos, como sejam a política estatal para o sector, as orientações de gestão e operação do grupo AdP, a *holding* que domina a estrutura accionista das empresas gestoras de sistemas multimunicipais de saneamento e ainda a acção da entidade reguladora, o IRAR, que controla e regula o funcionamento do sector, inclusive dirigindo recomendações às empresas do sector, e à tutela. As informações relevantes

com origem nestas entidades têm de ser consideradas nos processos de tomada de decisão internos, incluindo a gestão da manutenção.

A primeira etapa do modelo proposto, consiste na identificação e organização dos recursos produtivos. Trata-se de um momento crítico da organização da manutenção, já que se trata da definição do conjunto de objectos a considerar nos momentos posteriores de gestão da manutenção e na sua organização formal, e inclui a concretização dos seus atributos, a atribuição de codificação patrimonial e funcional, e a sua identificação física.

Como segunda etapa do processo, são definidos os objectivos pretendidos para a área da manutenção. Os objectivos da manutenção são traduzidos para indicadores de desempenho relevantes, com definição das respectivas metas e prazos de concretização. A adopção da metodologia *balanced scorecard* garante a definição de objectivos para a função manutenção, em linha com os objectivos estratégicos da organização, bem como a definição de acções que permitam a sua prossecução.

Depois de estabelecidos quais os objectos de manutenção a considerar e quais os objectivos para a área da manutenção, impõe-se definir quais as metodologias de manutenção a adoptar a cada equipamento, com vista à realização dos objectivos. Numa fase inicial, e na ausência de um histórico de manutenção fiável, propõe-se como ponto de partida, a agregação dos equipamentos em grupos homogéneos ao nível funcional e de relevância para o processo, sendo depois realizada uma análise de carácter qualitativo da criticidade de cada um dos tipos de equipamentos para os objectivos da organização. A definição da criticidade é realizada a vários níveis, considerando o impacto da falha ou bom funcionamento dos equipamentos em itens como o cumprimento legal e normativo aplicável, ou o impacto no desempenho económico e ao nível dos requisitos técnicos. Nesta avaliação, devem ser considerados factores que podem influenciar a decisão, tais como a redundância de equipamentos ou a capacidade produtiva utilizada em cada momento.

A avaliação da criticidade permitirá classificar e ordenar os equipamentos com vista à definição de prioridades das acções a implementar. O resultado desta actividade permitirá a adopção faseada de manutenção planeada partindo dos equipamentos mais críticos e a definição imediata de acções correctivas com vista a eliminar ou diminuir o impacto de falhas crónicas ou repetitivas de equipamentos críticos na actividade produtiva da organização. Para que estas medidas sejam eficazes, assume particular relevância a elaboração e adopção de planos de manutenção adequados a cada

equipamento, bem como a sua actualização em função das alterações de contexto, utilizando para tal, todas as fontes de informação consideradas relevantes e que apresentem potencial de melhoria.

Na fase seguinte de implementação do modelo, são abordadas as questões relacionadas com o planeamento, programação e execução. Neste momento é realizada a análise das tarefas a executar, nomeadamente ao nível de especificação das actividades, definição dos recursos de vária ordem a utilizar e da sua origem – humanos, materiais, externos ou internos – e de procedimentos técnicos, de segurança e de protecção ambiental a seguir, distinguindo as actividades preventivas das correctivas. Ao nível do planeamento dos trabalhos, factores como a agregação de trabalhos planeados por áreas geográficas, a agregação de trabalhos planeados a trabalhos não planeados e a garantia de envolvimento dos operadores na manutenção de primeiro nível constituem factores críticos de sucesso, que importa ter presentes nos processos de tomada de decisão. Também a este nível, é abordada a questão do dimensionamento dos recursos a utilizar, especialmente a estratégia de *outsourcing* e o processo de formação e desenvolvimento de competências na organização, necessárias à eficiente execução das tarefas. No desenvolvimento de competências no interior da organização preconizam-se duas grandes linhas de actuação: a promoção da polivalência dos colaboradores ao nível das competências técnicas e o *benchmarking* de técnicas de organização, gestão e realização de manutenção, a que o sector de águas residuais é propício. Relativamente à política de *outsourcing*, pelos riscos associados à adopção na sua forma mais radical e abrangente, e seguindo as orientações estratégicas estatais para o sector, a solução para uma empresa multimunicipal de saneamento passa pelo *out-tasking*, que é uma forma de contratação externa orientada por critérios que permitem a prossecução dos objectivos operacionais e financeiros definidos para a manutenção. Este tipo de relação encerra um âmbito mais restrito, em que a empresa contratante controla as acções do fornecedor dos serviços em causa e a relação contratual, mantendo-se as competências centrais no interior da organização e evitando o risco de domínio da relação contratual pela entidade externa contratada. Além de objectivos operacionais e financeiros, o recurso ao *out-tasking* numa empresa gestora de um sistema multimunicipal de saneamento certificada em Qualidade, Ambiente e Segurança, impõe-se ainda, pela necessidade de execução de trabalhos especializados em que seja exigível determinado tipo de certificação ou acreditação do serviço.

A última etapa de implementação do modelo apresentado consiste no controlo da estratégia implementada e na implementação de acções correctivas. A avaliação a realizar nesta fase deve contemplar os procedimentos da manutenção planeada e não planeada. Os resultados obtidos com a estratégia implementada são comparados com os objectivos definidos e com os níveis de desempenho pretendidos, realizando-se as necessárias correcções à política de manutenção adoptada. O momento desta avaliação varia e pode ser realizada após determinadas ocorrências, como falhas de equipamentos com grande impacto, ou com uma periodicidade fixa pré-definida. A avaliação deve incidir não só sobre o resultado final, mas sobre vários aspectos tais como a adequabilidade dos recursos utilizados e dos procedimentos técnicos, de segurança e de protecção ambiental. Na avaliação a realizar, devem ser ainda identificados pontos da organização e das operações de manutenção que apresentem potencial de melhoria, bem como novas oportunidades ou condicionalismos, decorrentes de um processo de evolução da organização, da tecnologia, do sector, ou de referenciais normativos e legislação aplicável.

A gestão de todos os dados originados e disponibilizados durante a implementação do processo de gestão da manutenção assume grande complexidade. De forma a tornar úteis estes elementos e viabilizar a sua utilização de forma eficiente enquanto informação estruturada, torna-se necessário adoptar um CMMS como elemento facilitador do processo de gestão da manutenção. As funções actualmente integradas neste tipo de sistema têm um âmbito alargado e o seu *output* permite exponenciar a eficiência das actividades da manutenção, bem como facilitar a sua operacionalização e a realização do controlo.

As cinco fases de implementação do modelo representam actividades que são transversais à literatura existente, embora variando a importância dada por cada autor a cada um dos temas. O trabalho agora apresentado, procura integrar os conceitos e metodologias que constituem as melhores práticas da gestão da manutenção actual, com a especificidade própria de uma empresa multimunicipal de saneamento, considerando os factores de contexto existentes e os factores críticos que podem ter influência no sucesso da estratégia a implementar.

8.1. PERSPECTIVAS FUTURAS

Tendo partido de uma necessidade específica, que constitui um objectivo estratégico da empresa em estudo, o modelo proposto ainda se encontrava, à altura da elaboração do presente trabalho, em fase de implementação. Como já mencionado, o presente documento incide numa perspectiva mais estratégica, propondo linhas de orientação para a gestão da manutenção de uma empresa gestora de um sistema multimunicipal de saneamento.

A principal vantagem assegurada pelo presente documento será o facto de constituir um guia de implementação da política de manutenção que, no caso de não serem queimadas etapas, garante que todas as actividades de gestão da manutenção previstas são efectivamente realizadas e assegura a definição de formas de as operacionalizar de forma eficiente.

O trabalho realizado permitirá, ao nível da gestão da manutenção:

- Garantir a existência de uma política de manutenção entendida por todas as partes interessadas, e subjacente aos processos de tomada de decisão, independentemente do nível de responsabilidade de cada colaborador;
- Garantir uma estrutura de análise sistemática e iterativa, que integre todas as variáveis e problemáticas associadas, não só técnicas, mas também as decorrentes de referenciais normativos aplicáveis e legislação;
- A prossecução de objectivos de desempenho elevados, considerando o nível de serviço prestado, a segurança de operação para colaboradores e terceiros e o impacto ambiental gerado;
- Definições ao nível das metodologias de engenharia da manutenção a adoptar em áreas específicas (por exemplo, em activos com forte pendor de manutenção de construção civil ou da estrutura de comunicações por fibra óptica), em linha com a estratégia da organização;
- A adopção de um processo de melhoria contínua, através da implementação de metodologias de análise e acção iterativas e cíclicas.

Como conclusão final, pode dizer-se que o trabalho apresentado constitui uma proposta de processo de raciocínio que deve estar presente num primeiro momento da gestão da manutenção de uma empresa multimunicipal de saneamento, enquanto base estratégica,

e com a qual devem estar alinhadas todas as decisões posteriores. Não sendo fechado, o processo apresentado, garante a estrutura de análise e a flexibilidade necessária à adopção de soluções diversas, de acordo com a problemática e objectivos em causa em cada momento.

Referências

- Baker D.R., Christer A.H. (1994). "Review of delay time or modeling of engineering aspects of maintenance", *European Journal of Operational Research*, 73, 407–22.
- Barlow, R.E.; Hunter, L.C. (1960). "Optimum preventive maintenance policies", *Operations Research*, 8, 90–100.
- Barlow, R.E.; Proschan, F. (1965). "Mathematical theory of reliability". Wiley, Nova Iorque.
- Baldin, A.; Furlanetto, L.; Roversi, A., Turco, F. (1988). "Manuale della manutenzione degli impianti industriali", Franco Angeli, Milão.
- Ben-Daya, Duffuaa, S.O., Raouf, A. (2000) "Maintenance modeling and optimization", Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Braglia, M.; Carmignani, G.; Frosolini, M. (2006). "AHP-based evaluation of CMMS software", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17, 5, 585-602
- British Standard Institute (1990). "BS 6143", British Standard Institute, Parts 2–9), Londres.
- Cabral, J. P. Saraiva (2004). "Organização e Gestão da Manutenção – dos conceitos à prática", Lidel – Edições Técnicas, Lda., Lisboa.
- Campbell, J.D.; Jardine, A.K.S. (2001). "Maintenance excellence: Optimizing equipment life-cycle decisions", Marcel Dekker, Nova Iorque.
- Campbell, J.D. (1995). "Uptime. Strategies in excellence in maintenance management", Productivity Press, Portland.
- Cato, W.W.; Mobley, R.K. (2002). "Computer-managed maintenance systems. A step-by-step guide to effective management of maintenance, labor, and inventory", Butterworth Heinemann, Boston.
- Duffuaa S.O.; Raouf A.; Campbell J.D. (2000). "Planning and control of maintenance systems", Wiley, Indianapolis.
- ENV-13269:2001 (2001). "Contractual maintenance", European standard. Brussels: CEN (European Committee for Standardization), 2001.
- Hassanain, M.A.; Froese, T.M.; Vainer, D.J. (2001). "Development of maintenance management model based on IAI standards", *Artificial Intelligence in Engineering*, 2001, 15, 177–93.
- Hipkin, I.B.; De Cock, C. (2000). "TQM and BPR: lessons for maintenance management", *Omega* 28 (2000) 277-292
- Hoyland, A.; Rausand, M. (1995). "System reliability theory. Models and statistical methods", Wiley, 1995.
- Hui, E.Y.Y.; Tsang, A.H.C. (2004). "Sourcing strategies of facilities management". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 10 (2), 85-92.
- Jahnig, D.G. (2005). "Changing your EAM Outlook comes first!", *Computerized Maintenance Management Summit*, 26 a 29 de Julho, Indianapolis.
- Jonsson, P. (2000). "Towards an holistic understanding of disruptions in Operations Management", *Journal of Operations Management*, 18 (2000) 701–718

- Jonsson, P. (1999). "Company-wide integration of strategic maintenance: An empirical analysis", *Int. J. Production Economics* 60-61 (1999), 155-164
- Kleeman, W.B. (1994). "Out-tasking - More Widespread than Outsourcing in the USA", *Facilities*, Vol. 12, 2, 24-26, MCB University Press.
- Kumar, R.; Kumar, U. (2004). "A conceptual framework for the development of a service delivery strategy for industrial systems and products", *Journal of Business & Industrial Marketing*, vol. 19, 5, 310-319
- Labib, A.W. (2004). "A decision analysis model for maintenance policy selection using a CMMS", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10, 3, 191-202
- Löfsten, H. (1999). "Management of industrial maintenance – economic evaluation of maintenance policies", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, 7, 716-737
- Márquez, A. C.; Gupta, J. N. D. (2005). "Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars", *Omega* 34, 313 – 326
- Márquez, A. C., (2007). "The Maintenance Management Framework - Models and Methods for Complex Systems Maintenance", Springer, Londres.
- Mobley, R.K. (2003). "An introduction to predictive maintenance", Butterworth Heinemann, Boston.
- Moubray, J. (1997). "Reliability-centered maintenance", Butterworth Heinemann, Oxford.
- OREDA (1992). "Offshore reliability data", DNV Technica, Hovik.
- Pintelon L. M.; Gelders L. F. (1992). "Maintenance management decision making", *European Journal of Operational Research*, Volume 58, 1992, 301-317
- Pintelon L.M.; Van Wassenhove L.N. (1990). "A maintenance management tool", *Omega* 1990,18, 59-70.
- Rausand. M. (1998). "Reliability centered maintenance", *Reliability Engineering and System Safety*, 60, 121-32.
- Scarf, P. A. (1997). "On the application of mathematical model in maintenance", *European Journal of Operational Research*, 99, 493-506.
- Shenoy D.; Bhadury B. (1998). "Maintenance resources management: Adapting MRP", Taylor & Francis, Londres.
- Swanson, L. (1997). "An empirical study of the relationship between production technology and maintenance management", *International Journal of Production Economics*, 1997, 53, 191-207.
- Vanneste S.G.; Van Wassenhove L.N. (1995). "An integrated and structured approach to improve maintenance", *European Journal of Operational Research*, 82 (1995), 241-257
- Wireman,T. (1998). "Developing performance indicators for managing maintenance", Industrial Press, New York (Pág.38)
- Yin, Robert K. (2003) "Case Study Research: design and methods", SAGE Publications
- Yua, Ren; Iunga, Benoit; Panetto, Hervé (2003). "A multi-agents based E-maintenance system with case-based reasoning decision support", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16, 321-333